



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

**NEROVNOMĚRNÉ ZATÍŽENÍ MALÝCH ČISTÍREN
ODPADNÍCH VOD**

UNBALANCED LOADING OF SMALL WASTE WATER TREATMENT PLANTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Spurný

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petr Hlušík, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Martin Spurný
Název	Nerovnoměrné zatížení malých čistíren odpadních vod
Vedoucí práce	Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2018
Datum odevzdání	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- [1] Úplné znění nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Česká republika, 2015.
- [2] HLAVÍNEK, Petr. Intenzifikace čistíren odpadních vod. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000, 1996, 235 s. ISBN 80-860-2001-0.
- [3] LIN, Shundar. Water and wastewater calculations manual. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c2007, xi, 945 s. ISBN 00-714-7624-5.
- [4] PYTL, Vladimír. Příručka provozovatele čistírny odpadních vod. 1. vyd. Líbeznice u Prahy: Medim pro SOVAK ČR, 2004, x, 209 s. ISBN 80-239-2528-8.
- [5] Sojka Jan. Stavíme malé čistírny odpadních vod. Vyd. ERA, 2001, 98 s. ISBN 80-86517-11-X.
- [6] MALÝ, Josef; Malá, Jitka. Chemie a technologie vody. 2., dopl. vyd. Brno: Ardec, 2006, xii, 331 s. ISBN 80-86020-50-9.
- [7] Sborníky Water Science and Technology, IWA Publishing.
- [8] Periodika Vodní stavitelství, Sovak.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Bakalářská práce bude zaměřena na problematiku nerovnoměrného nátoky a zatížení pro malé čistírny odpadních vod (ČOV). Student definuje základní návrhové parametry: specifická potřeba vody, charakteristické průtoky, zatížení vybraných ukazatelů kvality vody, legislativní parametry vypouštění odpadních vod a doporučené způsoby řešení malých ČOV (technologie, stavební objekty, strojní zařízení).

V praktické části práce student posoudí vybranou ČOV na skutečné parametry, popíše dopady a důsledky na provoz ČOV.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na hodnocení provozu malé čistírny odpadních vod. V rešeršní části jsou definovány základní návrhové parametry ČOV a vybrané ukazatele znečištění odpadní vody, stejně jako jejich limity dle platné legislativy. V praktické části je vyhodnoceno prvních let provozu nově vybudované čistírny odpadních vod v městysu Svitávka v Jihomoravském kraji. Návrhové parametry čistírny jsou posuzovány dle reálných naměřených průtoků rozležených v průběhu celého roku a hodnot koncentrací základních ukazatelů kvality vody.

KLÍČOVÁ SLOVA

Čistírna odpadních vod, kanalizace, látkové znečištění, specifická spotřeba vody, emisní limity vypouštěných odpadních vod

ABSTRACT

The bachelor thesis is focused on the evaluation of the operation of a small wastewater treatment plant. In the research section the basic design parameters of WWTP and selected indicators of waste water pollution are defined as well as their limits according to the valid legislation. In the practical part the first years of operation of the newly built wastewater treatment plant in the town of Svitávka in the South Moravian Region are evaluated. The design parameters of the treatment plant are assessed according to the real measured flow rates spread throughout the year and the values of the basic water quality indicators.

KEYWORDS

Wastewater treatment plant, sewerage, hydraulic load, specific water consumption, emission limits for discharged waste water

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

SPURNÝ, Martin. *Nerovnoměrné zatížení malých čistíren odpadních vod*. Brno, 2019. 62 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Petr Hlušík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Nerovnoměrné zatížení malých čistíren odpadních vod* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 24. 5. 2019

Martin Spurný
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Nerovnoměrné zatížení malých čistíren odpadních vod* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2019

Martin Spurný
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji panu Ing. Petru Hlušíkovi, Ph.D. za odborné vedení, připomínky a cenné rady při zpracování bakalářské práce.

V Brně dne 24.5.2019

Martin Spurný
autor práce

OBSAH

1	ÚVOD.....	3
1.1	CÍL PRÁCE.....	3
2	LEGISLATIVA.....	4
2.1	ČESKÁ REPUBLIKA.....	4
2.1.1	Zákony.....	4
2.1.2	Vyhlášky.....	4
2.1.3	Nařízení vlády.....	4
2.1.4	Normy.....	4
2.2	EVROPSKÁ UNIE.....	4
3	ODPADNÍ VODA.....	5
3.1	SLOŽENÍ MĚSTSKÝCH ODPADNÍCH VOD.....	5
3.1.1	Splaškové odpadní vody.....	6
3.1.2	Průmyslové odpadní vody.....	6
3.1.3	Srážkové odpadní vody.....	7
3.1.4	Balastní vody.....	7
3.2	PARAMETRY PRO NÁVRH ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD.....	7
3.2.1	Hydraulické zatížení ČOV.....	7
3.2.2	Látkové zatížení ČOV.....	11
3.3	UKAZATELE ZNEČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD.....	12
3.3.1	Chemická spotřeba kyslíku.....	12
3.3.2	Biochemická spotřeba kyslíku.....	13
3.3.3	Dusík.....	13
3.3.4	Fosfor.....	14
3.3.5	Nerozpuštěné látky.....	15
4	KOMPLEXNÍ VAZBA MEZI STOKOVOU SÍTÍ A ČISTÍRNOU ODPADNÍCH VOD.....	17
4.1	DRUHY STOKOVÝCH SOUSTAV.....	18
4.1.1	Oddílná stoková soustava.....	18
4.1.2	Jednotná stoková soustava.....	18
4.1.3	Modifikovaná stoková soustava.....	18
4.2	ZPŮSOBY ODKANALIZOVÁNÍ.....	19
4.2.1	Gravitační kanalizace.....	19
4.2.2	Zvláštní způsoby odkanalizování.....	20
4.3	KANALIZAČNÍ ŘÁD.....	21
4.3.1	Poplatky.....	22
4.3.2	Odběr vzorků.....	23
4.4	NAKLÁDÁNÍ S VODAMI.....	24
5	ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD.....	25
5.1	ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD V ČESKÉ REPUBLICE.....	25

5.2	KATEGORIE ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD	27
5.2.1	Kategorie ČOV do 50 EO.....	28
5.2.2	Kategorie ČOV do 500 EO.....	28
5.2.3	Kategorie ČOV do 2000 EO	29
5.2.4	Kategorie ČOV do 10 000 EO	30
5.2.5	Kategorie ČOV do 100 000 EO	30
5.2.6	Kategorie ČOV nad 100 000 EO	30
6	MALÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD	33
6.1	TECHNOLOGIE.....	33
6.1.1	Mechanické čištění.....	34
6.1.2	Biologické čištění	34
6.1.3	Usazovací nádrž	36
6.1.4	Kalové hospodářství.....	36
7	VYHODNOCENÍ PROVOZU ČISTÍRNY SVITÁVKA.....	37
7.1	INFORMACE O OBCI.....	37
7.2	INFORMACE O PROJEKTU	37
7.2.1	POPIS OBJEKTŮ ČISTÍRNY.....	38
7.3	NAMĚŘENÁ DATA.....	41
7.4	VYHODNOCENÍ DAT	45
7.4.1	DLE PRŮTOKŮ	45
7.4.2	DLE ZATÍŽENÍ.....	45
7.4.3	DLE EKVIVALETNÍCH OBYVATEL	46
7.4.4	SOUHRN VÝSLEDKŮ	46
8	ZÁVĚR.....	49
9	POUŽITÁ LITERATURA.....	50
	SEZNAM TABULEK.....	52
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	54
	SUMMARY.....	55

1 ÚVOD

Úroveň odvádění splaškových vod z průmyslu, zemědělství a od obyvatelstva je považována za určitý ukazatel ekonomického, sociálního a technického rozvoje daného státu. Stokování a následné čištění odpadních vod ukazuje na jaké úrovni se dané společnost nachází. V současnosti se jedná o nejlepší možnost hygienického nakládání s odpadními vodami. [6]

Počátky odkanalizování v České republice se táhnou až do 14. století, ze kterého pochází první písemná zmínka o odkanalizování domu v Praze. Bohužel až do začátku 19. století nelze hovořit o systematickém odkanalizování města. V tomto století bylo vybudováno prvních 44 km stokové sítě a o pár desítek let později vzniká také úřad spravující pražskou kanalizaci. Odkanalizováním byly zlepšeny hygienické podmínky ve městech, avšak nečistoty byly odváděny přímo do přilehlých recipientů. V roce 1906 byla uvedena do provozu čistírna odpadních vod, která se díky své koncepci stala jednou z nejmodernějších čistíren v celé Evropě. V současné době je po celém území České republiky vybudováno přes 2600 čistíren. [6]

Dle směrnice Rady ze dne 21. května 1991 o čištění městských odpadních vod musí být čistírny odpadních vod projektovány tak, aby před vypuštěním do recipientu bylo možno odebírat reprezentativní vzorky vstupujících odpadních vod a vod vyčištěných a také musí splňovat požadavky pro vypouštění dle hodnot koncentrací uvedených v této směrnici. [22]

1.1 CÍL PRÁCE

Rešeršní část práce se zaměřuje na všechny důležité poznatky a písemnosti z oblasti stokování a čištění odpadních vod, které jsou klíčové pro praktickou část práce a správné vyhodnocení dat z čistírny odpadních vod v městyse Svitávka. Jedná se především o zákony a nařízení vlády, ukazatele znečištění odpadních vod, výpočty návrhových průtoků, znečištění od ekvivalentních obyvatel a také vybrané technologie na čistírně odpadních vod.

Cílem praktické části práce je vyhodnotit naměřené údaje ze stávající čistírny odpadních vod v městyse Svitávka a porovnat její návrhové parametry s naměřenými hodnotami během prvních let jejího provozu a posoudit, zdali je čistírna správně navržena nebo mohly být při jejím návrhu zohledněny další faktory, ovlivňující její chod.

2 LEGISLATIVA

Legislativa problematiky čištění odpadních vod v České republice je stanovena zákony, vyhláškami a normami vydanými v rámci ČR a také právními předpisy vydanými v rámci Evropské unie.

2.1 ČESKÁ REPUBLIKA

2.1.1 Zákony

- Zákon č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)
- Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)

2.1.2 Vyhlášky

- Vyhláška č. 448/2017 Sb. - Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška č. 328/2018 Sb. - Vyhláška o postupu pro určování znečištění odpadních vod, provádění odečtů množství znečištění a měření objemu vypouštěných odpadních vod do vod povrchových

2.1.3 Nařízení vlády

- Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

2.1.4 Normy

- Norma ČSN 75 6401 Čistírny odpadních vod pro ekvivalentní počet obyvatel (EO) větší než 500
- Norma ČSN 75 6402 Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel

2.2 EVROPSKÁ UNIE

Vstupem do EU se Česká republika zavázala dodržovat směrnice a nařízení vydaná Evropskou Unií. Mezi tyto nařízení patří:

- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky
- Směrnice Rady č. 91/271/EHS, ze dne 21. května 1991, o čištění městských odpadních vod

3 ODPADNÍ VODA

Veškerá voda, která po použití změní svoje fyzikální nebo chemické vlastnosti, je označována jako voda odpadní. Odpadní vody dělíme dle původu na:

- splaškové odpadní vody,
- průmyslové odpadní vody,
- srážkové odpadní vody,
- balastní vody.

Rozložení jednotlivých složek městských odpadních vod lze vidět v Tabulka 1:

Tabulka 1: Rozložení městských odpadních vod dle ČSÚ

v tis. m ³	Vypouštěné odpadní vody do kanalizace				Čištěné vody			
	CELKEM	bez zpoplat. srážkových vod	v tom		CELKEM	v tom		
			splaškové	průmyslové a ostatní		splaškové	průmyslové a ostatní	srážkové (balastní)
2017	524 158	453 322	309 258	144 064	826 242	299 673	142 508	384 061
2016	517 970	446 868	304 170	142 697	803 448	294 135	140 745	368 568
2015	515 619	445 521	302 068	143 453	779 042	290 596	141 431	347 015
2014	515 187	446 072	303 296	142 775	812 232	291 509	140 751	379 972
2013	517 014	455 313	329 120	126 193	912 324	317 739	125 687	468 898
2012	473 230		323 837	149 393	836 653	311 218	148 186	377 249
2011	487 644		329 122	158 522	870 985	315 753	156 428	398 804
2010	490 309		331 635	158 674	957 899	314 665	156 853	486 381
2009	496 355		332 692	163 663	842 918	311 656	161 102	370 160

3.1 SLOŽENÍ MĚSTSKÝCH ODPADNÍCH VOD

Celkové složení odpadních vod je závislé na množství a složení jednotlivých částí (vod splaškových, průmyslových, srážkových a balastních). Například průmyslové znečištění může značně navýšit koncentraci některých látek. Balastní vody mohou naopak odpadní vody výrazně naředit.

Pro posuzování kvality odpadních vod sledujeme několik ukazatelů. Jedním z nejdůležitějších ukazatelů je BSK₅, jehož průměrná koncentrace v odpadních vodách bývá 150 až 400 mg/l. Dalším ukazatelem je CHSK_{Cr}, jehož hodnota bývá přibližně dvojnásobná než hodnota BSK₅. Dále sledujeme koncentrace rozpuštěných a nerozpuštěných látek. U rozpuštěných látek se hodnota pohybuje v rozmezí 500 až 1000 mg/l a u nerozpuštěných 100 až 500 mg/l. Další sledované látky a ukazatele složení odpadních vod lze vidět v Tabulka 2. [1]

Tabulka 2: Orientační složení městských odpadních vod [5]

Ukazatel	Rozmezí hodnot	Jednotka
Hodnota pH	6.5 - 8.5	-
Nerozpuštěné látky	200 - 700	mg/l
z toho usaditelné	73	%
z toho neusaditelné	27	%
Rozpuštěné látky	600 - 800	mg/l
BSK ₅	100 - 400	mg/l
CHSK _{Cr}	250 - 800	mg/l
TSP	250	mg/l
N _{celk}	30 - 70	mg/l
N-NH ₄	20 - 45	mg/l
P _{celk}	5 - 15	mg/l
Chloridy	30 - 100	mg/l
Tuky	50 - 150	mg/l

3.1.1 Splaškové odpadní vody

Jedné se o vody vypouštěné do kanalizace z obytných domů a bytů, vody ze škol, hotelů, restaurací apod. Obvykle šedé nebo šedohnědé barvy. Výrazný podíl na znečištění splaškových odpadních vod mají lidské produkty metabolismu (exkrementy). Látky ve splaškových odpadních vodách můžeme dle jejich původu rozdělit do 3 skupin: [1]

- pitná voda,
- produkty metabolismu,
- produkty z lidské činnosti v domácnostech.

3.1.2 Průmyslové odpadní vody

Jedná se o odpadní vody vypouštěné do kanalizace z průmyslových závodů. Kvůli různým technologickým procesům nelze obecně charakterizovat kvalitu průmyslových vod. Průmyslové odpadní vody můžeme dle původu rozdělit do těchto skupin:

- odpadní vody od zaměstnanců, závodních kuchyní a jídelen,
- odpadní vody chladicí,
- odpadní vody technologické,
- odpadní vody srážkové (z areálu závodu).

Posuzujeme tedy, zda neobsahují toxické, hořlavé, výbušné a další pro provoz škodlivé látky v nepřípustných koncentracích. Povolené množství a kvalita vypouštěných průmyslových vod je stanovena správcem v kanalizačním řádu. [1]

3.1.3 Srážkové odpadní vody

Srážkové vody (tající sněh, déšť) jsou vody, které jsou odváděny například z povrchu vozovek a chodníků do kanalizace. Jejich kvalita je hodně proměnlivá. Obvykle se jedná o nečistoty z vozovek, v zimě o tající sněh, který obsahuje vysoké množství soli, při intenzivním dešti dochází ke splachování písku apod. Obvykle však srážkové vody městské odpadní vody zředují. [1]

3.1.4 Balastní vody

Jedná se o vody, které bývají obvykle málo znečištěné, a tak často zředují městské odpadní vody. Míra zředění závisí na jejich podílu oproti celkovému objemu odpadních vod. Balastní vody se nejčastěji vyskytují u nekvalitně provedených kanalizací, kde tak může docházet k velkému zředování a případným problémům v biologické části ČOV, jelikož je koncentrace znečištění příliš malá. [1]

3.2 PARAMETRY PRO NÁVRH ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

Návrh čistírny vychází z podkladů současného a výhledového stavu objektu, nejméně na dobu 10 let. Při navrhování jednotlivých objektů a technologického vybavení čistírny jsou důležité tyto podklady:

- Kritéria na jakost vyčištěných odpadních vod,
- Množství a složení odpadních vod, koncentrace znečištění, teploty odpadní vody,
- Druh, stav a hydraulické poměry stokové sítě,
- Způsob čištění odpadních vod,
- Způsob odstraňování, zneškodňování nebo využívání odpadních produktů.

Technologické objekty čistírny podle své funkce musí být posouzeny na maximální hydraulické a látkové zatížení. [2]

3.2.1 Hydraulické zatížení ČOV

Množství bezdeštných splaškových vod přitékajících na čistírnu označujeme jako průměrný denní přítok - Q_{24} . Počítá se jako součet průměrného denního přítoku od obyvatelstva, průměrného denního přítoku z průmyslu a balastních vod. [4]

$$Q_{24} = Q_{24,m} + Q_{24,p} + Q_B \quad [m^3/d]$$

kde Q_{24} ... průměrný bezdeštný denní přítok $[m^3/d]$,

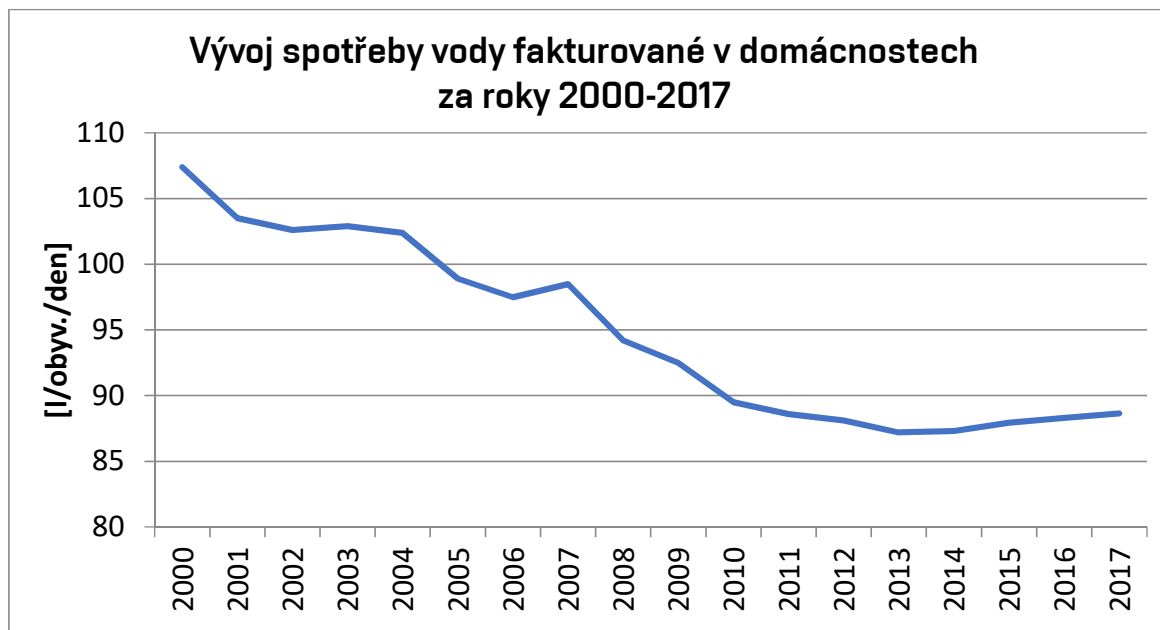
$Q_{24,m}$... průměrný denní průtok od obyvatelstva $[m^3/d]$,

$Q_{24,p}$... průměrný denní průtok od průmyslu $[m^3/d]$,

Q_B ... přítok balastních vod $[m^3/d]$.

U průměrného denního přítoku od obyvatelstva $Q_{24,m}$ je hlavním návrhovým parametrem specifická produkce odpadní vody - q_{sp} . Vyjadřuje se v jednotkách objemu na osobu za den. Závisí na bytové vybavenosti (vany, sprchy, přívod teplé vody aj.). Tato produkce v posledních letech výrazně klesá, viz Tabulka 3. Pro návrh čistíren odpadních vod se obvykle používá doporučené hodnota dle ČSN 75 6402 v rozmezí 90 l/os/den až 120 l/os/den, podle kategorie ČOV. Za hygienické minimum se označuje hodnota 80 l/os/den. [2]

Tabulka 3: Vývoj spotřeby fakturované vody v domácnostech dle ČSÚ



Přítok balastních Q_B vod se stanovuje měřením nebo odhadem. V našich podmínkách uvažujeme o 10–15 % z celkového množství vod. Větší množství balastních vod je nežádoucí.

Průměrný denní průtok odpadních vod od obyvatelstva se vypočte podle vzorce:

$$Q_{24,m} = EO \cdot q_{sp} \quad [m^3/d]$$

kde EO ... počet ekvivalentních obyvatel [-],

q_{sp} ... specifická produkce odpadní vody [l/os/den].

Ekvivalentní počet obyvatel je fiktivní počet obyvatel, který by produkoval dané znečištění. Jedná se o rozhodující hodnotu pro projektování čistírny. Počet EO se uvádí jako podíl celkového znečištění a specifické produkce znečištění podle vzorce: [2]

$$EO = \frac{\sum S_{dp}}{s_o} \quad [-]$$

kde $\sum S_{dp}$... celkové znečištění od obyvatelstva i průmyslu [kg/den],

s_o ... specifické znečištění [kg/os/den].

Maximální bezdeštný denní přítok je výchozí hodnotou k dimenzování těch objektů čistírny, kde návrhovými parametry jsou hydraulické zatížení, doba zdržení, doba kontaktu apod. Jeho hodnota je ovlivněna součinitelem denní nerovnoměrnosti, dle Tabulka 4. Maximální bezdeštný denní přítok se vypočte podle vzorce: [6]

$$Q_d = Q_{24,m} \cdot k_d + Q_{24,p} \cdot k_{d,p} + Q_B \quad [m^3/d]$$

kde Q_d ... maximální bezdeštný denní přítok [m^3/d],

k_d ... součinitel denní nerovnoměrnosti [-],

$k_{d,p}$... součinitel denní nerovnoměrnosti pro průmysl [-].

Tabulka 4: Součinitele denní nerovnoměrnosti k_d dle ČSN 75 6401

Počet připojených obyvatel	k_d
do 1.000 obyvatel	1.5
od 1.000 do 5.000 obyvatel	1.4
od 5.000 do 20.000 obyvatel	1.35
od 20.000 do 100.000 obyvatel	1.25
nad 100.000 obyvatel	individuálně

Maximální bezdeštný hodinový přítok je výchozí hodnotou k dimenzování průtokových cest a vybraných objektů čistírny (česle, lapák písku, měření průtoků apod.) Jeho hodnotu získáme vynásobením průměrných denních přítoků od obyvatelstva a průmyslu koeficientem denní nerovnoměrnosti, a navíc ještě koeficientem hodinové nerovnoměrnosti, viz Tabulka 5, a vybere se větší z těchto dvou vypočtených hodnot: [4]

$$Q_h = (Q_{24,m} \cdot k_d \cdot k_h + Q_{24,p} \cdot k_{d,p} + Q_B)/24 \quad [m^3/hod]$$

$$Q_h = (Q_{24,m} \cdot k_d + Q_{24,p} \cdot k_{d,p} \cdot k_{h,p} + Q_B)/24 \quad [m^3/hod]$$

kde Q_h ... maximální bezdeštný hodinový přítok [m^3/hod],

k_h ... součinitel maximální hodinové nerovnoměrnosti [-],

$k_{h,p}$... součinitel hodinové nerovnoměrnosti pro průmysl [-].

Tabulka 5: Součinitele maximální hodinové nerovnoměrnosti k_h dle ČSN 75 6101

Počet připojených obyvatel	30	40	50	75	100	300	400	500	1000	2000
Součinitel maximální hodinové nerovnoměrnosti k_h	7,2	6,9	6,7	6,3	5,9	4,4	3,5	2,6	2,2	2,1

Pokud je počet připojených obyvatel menší než 30, koeficient při výpočtu neuvažujeme. Místo toho je možné vycházet z vybavenosti jednotlivých domácností. V případě, že některá z hodnot součinitelů nerovnoměrnosti byla získány přímým měřením, použije se přednostně tato hodnota. Pro koeficient maximální denní nerovnoměrnosti: [4]

$$k_d = \frac{Q_d}{Q_p} \quad [-]$$

kde Q_d ... maximální denní spotřeba pitné vody v daném období [m^3/den],

Q_p ... průměrná denní spotřeba pitné vody v průběhu jednoho dne [m^3/den],

a pro koeficient maximální hodinové nerovnoměrnosti:

$$k_h = \frac{Q_h \cdot 24}{Q_d} \quad [-]$$

kde Q_h ... maximální hodinová spotřeba pitné vody v průběhu jednoho dne [m^3/h].

Minimální hodinový přítok splaškových vod z určité zástavby se stanoví vynásobením průměrného denního přítoku od obyvatelstva součinitelem minimální hodinové nerovnoměrnosti, viz Tabulka 6, podle vztahu: [5]

$$Q_{h,min} = \frac{Q_{24,m} \cdot k_{h,min}}{24} \quad [\text{m}^3/\text{hod}]$$

kde $Q_{h,min}$... minimální bezdeštný hodinový přítok [m^3/hod],

$k_{h,min}$... součinitel minimální hodinové nerovnoměrnosti [-].

Tabulka 6: Doporučené hodnoty součinitele minimální hodinové nerovnoměrnosti $k_{h,min}$ dle ČSN 75 6101

Počet připojených obyvatel	30	40	50	75	100	300	400	500	1000	2000
Součinitel minimální hodinové nerovnoměrnosti k_h	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0,6

Při navrhování jednotné kanalizace se v případě, že je před čistírnou umístěna odlehčovací komora maximální hodinový přítok násobí ředícím poměrem, podle vzorce: [4]

$$Q_{zřed} = (1 + m) \cdot Q_h \quad [\text{m}^3/\text{hod}]$$

kde $Q_{zřed}$... množství zředěných odpadních vod [m^3/hod],

m ... poměr ředění [-].

3.2.2 Látkové zatížení ČOV

Při projektování čistíren odpadních vod se v ČR vychází z produkce specifického znečištění v gramech za 1 den na 1 obyvatele neboli populačního ekvivalentu. Průměrné hodnoty produkce látek ve splaškových vodách jsou uvedeny v Tabulka 7 dle ČSN 75 6401 a spočítají se podle vzorce: [7]

$$S_{dpo} = PO \cdot s_o \quad [\text{kg/den}]$$

kde S_{dpo} ... látkové zatížení od obyvatelstva [kg/den],

s_o ... specifická produkce znečištění [kg/os/den].

Tabulka 7: Orientační hodnoty produkce specifického znečištění na 1 EO v g/d dle ČSN 75 6401

Látky	Ukazatele specifického znečištění						
	Látky			Ostatní			
	Minerální	Organické	Celkem	BSK ₅	CHSK _{Cr}	N _{celk}	P _{celk}
Nerozpuštěné							
a) usaditelné	10	30	40	20	40	1	0.2
b) neusaditelné	5	10	15	10	20	-	-
Rozpuštěné	75	50	125	30	60	10	2.3
Celkem	90	90	180	60	120	11	2.5

Zatížení z průmyslu je zjištěno na základě rozborů vod, vypouštěných konkrétními průmyslovými nebo zemědělskými podniky. V případě, že tyto údaje nejsou k dispozici, určí se podle populačního ekvivalentu. V Tabulka 8 můžeme vidět příklady znečištění vybranými průmyslovými podniky. Celkové zatížení od obyvatelstva a od průmyslu se spočítá jako součet těchto dvou hodnot: [7]

$$\sum S_{dp} = S_{dpo} + S_{dpp} \quad [\text{kg/den}]$$

kde $\sum S_{dp}$... celkové látkové zatížení [kg/den],

S_{dpp} ... látkové zatížení z průmyslové výroby [kg/den].

Tabulka 8: Hodnoty řádového znečištění pro vybrané průmyslové podniky [8]

Průmysl	Spotřeba vody na jednotku	BSK ₅ [mg/l]
výroba papíru	5 - 30 m ³ /t	1000
ocelárny	4 - 200 m ³ /t	200 - 800
pivovary	8 - 13 l/l	500 - 1300
textil	80 - 600 m ³ /t	800 - 1200
drůbežárny	30 - 35 m ³ / 1000 ks	100 - 2400
jatka	1 - 20 m ³ / 1 ks	1500 - 3000
škrobárny	15 - 75 m ³ /t	200 - 1100
mlékárny	1 - 13 m ³ /t	1000 - 2000
cukrovar	5 - 19 m ³ /t	300 - 1700

Koncentrace znečišťujících látek vstupujících na čistírnu odpadních vod se vypočítá podle následujícího vztahu: [7]

$$c_o = \frac{\sum S_{dp}}{Q_{24}} \quad [\text{kg}/\text{m}^3; \text{mg}/\text{l}]$$

kde c_o ... vstupní koncentrace $[\text{kg}/\text{m}^3; \text{mg}/\text{l}]$.

3.3 UKAZATELE ZNEČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

3.3.1 Chemická spotřeba kyslíku

Koncentrace organických látek ve vodě se pro stanovení chemické spotřeby kyslíku (CHSK) určuje podle množství oxidačního činidla, které je spotřebováno na jejich oxidaci. Tyto výsledky jsou přepočítány na tzv. kyslíkové ekvivalenty, které se udávají v mg/l. [2]

V současnosti se jako oxidační činidlo používá převážně dichroman draselný ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) jehož použití při analýze se značí jako CHSK_{Cr} , nebo v případě analýzy pitných a užitkových vod také manganistan draselný (KMnO_4), značený jako CHSK_{Mn} . Je důležité vždy označit, jaká metoda byla použita, protože hodnoty CHSK_{Cr} a CHSK_{Mn} se od sebe mírně liší. [2]

Látky jsou podle své struktury a na základě zvoleného oxidačního činidla oxidovány do různých stupňů. Tento stupeň se pak porovnává s teoretickou spotřebou kyslíku (TSK), udávanou v gramech kyslíku, který je potřeba pro úplnou oxidaci 1 g organické látky až na CO_2 a H_2O . Stupeň oxidace se poté vyjadřuje v procentech z teoretické spotřeby kyslíku. [2]

Hodnota CHSK_{Cr} u splaškových vod se pohybuje v rozmezí 1,1 g/g až 1,3 g/g. Přepočet CHSK_{Cr} na obsah organických látek je závislý na složení vody. Používá se převodní koeficient neboli převrácená hodnota specifické CHSK_{Cr} . Sloučeniny s vysokým podílem kyslíku mají vysoké převodní koeficienty. U splaškových vod se pohybuje v širokém rozmezí zhruba od hodnoty 0,3 až do několika jednotek. U odpadních vod z potravinářského průmyslu se obvykle počítá, že na 1 g CHSK připadá zhruba 0,8 až 0,9 g organických látek. [2]

Princip stanovení a obvyklé hodnoty

CHSK_{Cr} se stanovuje za použití dichromanu draselného při teplotě 150 °C v silně koncentrované kyselině sírové s katalyzátorem (síranem stříbrným) po dobu 2 hodin. [2]

Hodnota CHSK_{Cr} je u odpadních vod v poměrně širokém rozmezí. Obecně lze říct, že se hodnoty pohybují řádově ve stovkách mg/l. V případě menších celků, například malých sídlišť, kde jsou odpadní vody koncentrovanější, bývá hodnota CHSK_{Cr} přibližně okolo 800 mg/l. U větších celků jsou odpadní vody víc zředěné a hodnota CHSK_{Cr} se pohybuje okolo hodnoty 300 mg/l. V případně průmyslu, například potravinářského, pak může dosáhnout řádově několika tisíc mg/l. [2]

3.3.2 Biochemická spotřeba kyslíku

Biochemická spotřeba kyslíku (BSK) je jedním z hlavních ukazatelů kvality odpadních vod. Vyjadřuje míru koncentrace biologicky rozložitelných látek. Probíhá za pomoci aerobních biologických procesů, kde je část organických látek oxidována až na CO_2 a H_2O . Jedná se o hmotností koncentraci rozpuštěného kyslíku, který je za daných podmínek spotřebován na oxidaci organických látek. Vyjadřuje se v mg/l a výsledná hodnota je závislá na době inkubace. Nejčastěji se používá BSK_5 , tedy pětidenní biochemická spotřeba kyslíku. Teplota inkubace je celosvětově stanovena na 20°C . [2]

Princip stanovení a obvyklé hodnoty

BSK_5 se stanovuje pomocí tzv. standardní zředovací metody, kde je v lahvičce na začátku a na konci inkubace měřen úbytek kyslíku ve vzorku odpadní vody, při teplotě 20°C . Vzorek musí být během doby inkubace uskladněn ve tmě, kvůli možnému množení řas, a tak možnému ovlivnění výsledků. Pokud je znečištění vzorku příliš velké, je třeba jej nejprve naředit, aby z důvodu malé rozpustnosti kyslíku ve vodě nedošlo k jeho vyčerpání. Úplná biochemická oxidace látek trvá přibližně 20 dní. Kvůli praktičnosti byla včas stanovena právě na 5 dní. [2]

Druhá používaná metoda je tzv. metoda respirometrická. Tato metoda je založena na principech analýzy plynů. Pracuje se zda za rozdílných podmínek oproti zředovací metodě, tudíž výsledky nejsou vzájemně porovnatelné. Na rozdíl od zředovací metody se odpadní vody nemusí zředovat a může se tak pracovat i s vysoce znečištěnými vzorky s dosažením přesných výsledků. Kvůli tomu se tato metoda nejčastěji uplatňuje v souvislosti s biologickým čištěním odpadních vod. [2]

Kvůli přítomnosti amoniakálního dusíku může docházet k nežádoucí nitrifikaci. To znamená, že kromě oxidace organických uhlíkatých látek oxiduje i amoniakální dusík na dusitany a dusičnany, což má za výsledek zvyšování hodnot BSK, někdy až o polovinu své původní hodnoty. Například u odtoků z čistíren odpadních vod, kdy zvýšená hodnota poškozuje provozovatele, který ve skutečnosti čistí vody efektivněji. Na potlačení nitrifikace se nejčastěji používá allythiomočovina. Dávkování závisí na množství mikroorganismů ve vodě. [2]

Hodnota BSK_5 u pitných, užitkových a podzemních vod je velice nízká. Pohybuje se okolo hodnota 1 mg/l . Kvůli tomu se při analýza nestanovuje. U vod povrchových se pak pohybuje řádově v jednotkách mg/l . U vod splaškových je hodnota přibližně 400 mg/l , což odpovídá specifické produkci znečištění 60 g BSK_5 na 1 obyvatele za 1 den, při potřebě vody 150 l na 1 obyvatele za 1 den. [2]

3.3.3 Dusík

Dusík se dělí na anorganický a organický. Dohromady tak tvoří dusík celkový. Sloučeniny dusíku vznikají převážně rozkladem organických látek živočišného nebo rostlinného původu. Podílí se na biologických procesech u odpadních, ale také

povrchových a podzemních vod. Ve vodách se dusík vyskytuje v různých oxidačních stupních. Nejčastější formy anorganicky vázaného dusíku jsou: [2]

- amoniakální dusík,
- dusitanový dusík,
- dusičnanový dusík.

Nejčastější formy organicky vázaného dusíku jsou například:

- bílkoviny,
- močovina,
- aminosacharidy.

Důležitou roli v koncentraci dusíku v odpadních vodách hraje specifická produkce na 1 obyvatele za 1 den, která se liší podle občanské vybavenosti, ale běžně se uvažuje hodnota 12 g/obyvatele/den. Mezi další zdroje dusíku řadíme dopady ze zemědělství, splachy se zemědělsky obdělávané půdy, živočišnou výrobu aj. Nesmíme však zapomenout na obsah dusíku v atmosférických srážkách. [2]

Princip stanovení a obvyklé hodnoty

Ve vodách stanovujeme celkový dusík. Používá se například tzv. sumační metoda, která je založená na stanovení jednotlivých forem dusíku a následném sečtení do dusíku celkového. Druhou možností je přímé instrumentální stanovení celkového vázaného dusíku. To je založeno na principu vysokoteplotní oxidace sloučenin na oxidy dusíku v analyzátoru, který je vybavený chemiluminiscenčním detektorem. [2]

3.3.4 Fosfor

Fosfor se dělí na rozpuštěný a nerozpuštěný. Dohromady tak tvoří fosfor celkový. Při analýzách rozlišujeme celkový fosfor, orthofosforečnanový fosfor a polyfosforečnany. [2]

Jedním z přírodních zdrojů fosforu ve vodách je rozpouštění a vyluhování půd a zvětralých hornin, které obsahují přibližně 400–1200 mg fosforu na 1 kg horniny. Dalšími zdroji fosforu mohou být uhynulé vyšší i nižší organismy, významným zdrojem tak může být například velkochov zvířat. Dále pak některé prací, čistící a mycí prostředky, používané v domácnostech. Člověk vylučuje přibližně 1,5 g fosforu za den. Největším zdrojem jsou však fosforečná hnojiva ze zemědělsky obdělávaných půd. [2]

Princip stanovení a obvyklé hodnoty

Fosfor se u vod stanovuje především kvůli eutrofizaci. Pro stanovení celkového fosforu existuje několik možností, které se od sebe liší způsobem mineralizace. Tyto postupy jsou popsány v normách.

Jedna z možností je metoda spektrofotometrická. Tento postup spočívá v oxidaci jednou z uvedených látek – peroxodisíranem nebo kyselinou dusičnou a sírovou. Touto metodou můžeme stanovit koncentraci fosforu v rozsahu 0,005 mg/l až 0,8 mg/l. [9]

Druhou variantou je metoda průtokové injekční analýzy (FIA), kterou lze použít pro všechny druhy vod. Metoda funguje na principu soustavy trubiček naplněných činidly, do kterých je vstřikován vzorek vody a následně změřen v průtočném detektoru. Touto metodou můžeme stanovit koncentraci fosforu v rozsahu 0,1 mg/l až 10 mg/l. [10]

V přírodních a užitkových vodách se fosfor vyskytuje pouze v malých koncentracích, maximálně kolem hodnoty 1 mg/l. U minerálních vod je průměrná koncentrace jen 0,09 mg/l. V pitných vodách byla zjištěna hodnota 0,1 mg/l. U splaškových vod je koncentrace poměrně vyšší. Řádově mluvíme o jednotkách mg/l, kde průměrná koncentrace v městech v ČR je přibližně na hodnotě 5 mg/l. V případě velkých prádelen může hodnota dosahovat až 100 mg/l. [2]

3.3.5 Nerozpuštěné látky

Nerozpuštěné látky (NL) jsou dalším s důležitých ukazatelů kvality odpadní vody. Slouží především k výpočtu poplatků za jejich vypouštění nebo k posuzování účinnosti čistíren. Dle ČSN EN 872 jsou definovány jako „*Tuhé látky odstranitelné z vody filtrací nebo odstředěním za určených podmínek*“. Dělí se na: [2]

- usaditelné,
- neusaditelné,
- vzplývavé.

V přírodních a užitkových vodách jsou obsaženy NL převážně ve formě hlinitokřemičitanů, hydratovaných oxidů kovů (hliník, železo), zooplanktonu, olejů, tuků aj. V případě že disperzním podílem je tuhá fáze, potom jsou označovány jako suspenze. Pokud je to kapalná fáze, tak mluvíme o suspenzích. Existují také koloidně disperzní soustavy, kde jsou částice menší než 0,5 μm , resp. 1,0 μm . U povrchových vod můžeme NL rozdělit na: [2]

- plaveniny,
- splaveniny,
- sedimenty.

Charakteristika NL spočívá v přibližném odhadu zastoupení organických a anorganických látek. Přibližný odhad vychází ze ztráty žíháním při teplotě 550°C. Tato metoda nemusí být úplně přesná, záleží na chemickém složení látek. [2]

Princip stanovení a obvyklé hodnoty

Nerozpuštěné látky se od látek rozpuštěných oddělí pomocí filtrace, kde se nerozpuštěné látky zachytí na membránovém filtru s velikostí pórů přibližně kolem 1 μm , a látky rozpuštěné filtrem projdou. Zachycené látky se vysuší při teplotě 105 °C

a následně se provede jejich zvážení. Při dalším kroku, žihání při teplotě 550 °C, dojde ke spálení organických látek na plyny CO₂ a H₂O. Obsah organických látek tedy odpovídá rozdílu hmotností před a po žihání. Avšak úbytek hmotnosti souvisí také se ztrátou vody vázané v anorganických sloučeninách. Hodí se tedy proto hlavně pro odpadní vody s vysokou koncentrací organického znečištění. [1]

U povrchových vod se hodnoty NL pohybují v poměrně širokém rozmezí, a to od jednotek až po stovky mg/l. Hodnoty jsou ovlivněny například splachy z okolní půdy. Standartně se tyto hodnoty pohybují okolo 30 mg/l. U podzemních a minerálních vod se NL běžně nestanovují. U odpadních vod se hodnota pohybuje řádově v desítkách mg/l. U průmyslových vod jsou stanoveny emisní standardy vypouštěných odpadních vod do vod povrchových, viz Tabulka 9. [1]

Tabulka 9: Příklady emisních standardů [11]

Provoz	NL / mg / l
Chov prasat	140
Cukrovar, lihovar	80
Mlékárna	50
Úprava kovů	40
Těžba uhlí	40
Papírna	40
Keramika	40
Smaltování	30
Teplárny a elektrárny	40
Textilní průmysl	40
Koželužny	40

4 KOMPLEXNÍ VAZBA MEZI STOKOVOU SÍTÍ A ČISTÍRNOU ODPADNÍCH VOD

Stoková síť nám slouží jako odvodňovací systém, který odvádí tekuté odpadní produkty a zabezpečuje ochranu člověka před škodlivými vlivy. Je tvořena sběrači, kmenovými stokami a uličními stokami, které jsou vyústěny do čistírny odpadních vod. Nejčastěji se v současné době snaží využívat gravitační dopravy odpadní vody o volné hladině.

Při navrhování stokových sítí se snažíme stoky umisťovat do veřejných ploch a pozemních komunikací. V případně oddílné stokové soustavy umisťujeme dešťovou stoku pod osu komunikace a splaškovou mimo ni. U jednotné stokové soustavy ji nejčastěji umisťujeme pod osu komunikace. [6]

V případě, že dojde k souběhu nebo křížení s jinými druhy inženýrských sítí, je třeba dodržet minimální vzdálenosti mezi těmito sítěmi, které jsou dané normou ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení (viz Tabulka 10). Dle této normy je také nutno dodržet minimální krytí stokové sítě pod povrchem: [12]

- pod vozovkou – 1,8 m,
- pod chodníkem – 1,0 m,
- ve volném terénu – 1,0 m.

Maximální doporučení hloubka uložení stoky je 6,0 m.

Tabulka 10: Nejmenší dovolené vodorovné vzdálenosti při souběhu nebo křížení podzemních sítí v m dle ČSN 73 6005

Druh sítě		Silové kabely				Sdělovací kabely	Plynová potrubí		Vodovodní sítě	Tepelné sítě	Kabelovody	Potrubní pošta	Kolektor	Koleje tramvajové dráhy
		1 kV	10 kV	35 kV	110 kV		do 0.005 MPa nízkotlak	do 0.4 MPa středotlak						
Stokové sítě	souběh	0.5	0.5	5.0	1.0	0.5	1.0	1.0	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	1.2
	křížení	0.3	0.3	0.5	0.5	0.2	0.5	0.5	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	-

Při dimenzování stokových sítí jednotné soustavy je nutno uvažovat také vody srážkové, které mnohdy mnohonásobně převyšují vody splaškové. Pro každý výpočtový úsek stoky se nejprve stanoví pomocí metody ideálních střech kanalizační okrsky a hranice povodí. Každému výpočtovému úseku, délky nejvýše 100 m, je přiřazena plocha o rozloze maximálně 1 ha. Pro výpočet průtoku dešťových vod je použit vzorec:

$$Q_r = \psi \cdot i \cdot A \quad [\text{l/s}]$$

kde Q_r ... maximální odtok dešťových vod [l/s],

ψ ... součinitel odtoku [-],

i ... intenzita deště [l/s/ha],

A ... plocha povodí [ha].

4.1 DRUHY STOKOVÝCH SOUSTAV

Rozlišujeme 3 základní druhy stokových sítí. Každá z nich má své specifické vlastnosti:

- oddílná stoková soustava,
- jednotná stoková soustava,
- modifikovaná stoková soustava. [6]

4.1.1 Oddílná stoková soustava

Oddílná stoková soustava má za úkol odvádět různé druhy odpadních vod oddělenými stokovými sítěmi. Nejčastěji se jedná o oddělení vod dešťových od vod splaškových. Dešťovou vodu však nemůžeme považovat zcela za nezávadnou, kvůli možným splachům z povrchu, hlavně při velké intenzitě deště a krátkém trvání. [6]

4.1.2 Jednotná stoková soustava

Jednotná stoková soustava je nejčastěji použita při odvodňování větších celků (měst). Tato soustava odvádí všechny druhy odpadní vody jednou (společnou) stokovou sítí na čistírnu odpadních vod. V průběhu deště je však průtok vod splaškových mnohonásobně převyšován průtokem dešťových vod, kvůli čemuž je nutné na síti vystavět velké množství odlehčovacích komor, které přebytečnou dešťovou vodu odvádí přímo do recipientu. Tento princip řešení i přes několik ekonomických a technických výhod s sebou nese určitá hygienická rizika, která ovlivňují životní prostředí a také provoz čistírny odpadních vod. Z tohoto důvodu se od návrhu této soustavy upouští. [6]

4.1.3 Modifikovaná stoková soustava

Modifikovaná stoková soustava znamená například kombinaci dvou předešlých druhů stokových soustav. V praxi to pak znamená, že dešťová stoková síť je uložena pouze mělce pod povrchem, kdežto stoková síť naopak hluboko pod povrchem. Při dešti se nejprve nejvíce znečištěná dešťová voda odvádí spojovacím potrubím do sítě vod splaškových, které jsou odváděny na čistírnu odpadních vod. Zbytek, relativně čistých dešťových vod, je pak odváděn přímo do recipientu. [6]

4.2 ZPŮSOBY ODKANALIZOVÁNÍ

Způsoby odkanalizování odpadní vody jsou závislé na mnoha faktorech. Mezi nejdůležitější patří druh stokové soustavy a členění terénu v dané lokalitě. Způsoby odkanalizování můžeme rozdělit podle druhu kanalizace: [13]

- kanalizace gravitační,
- kanalizace tlaková,
- kanalizace podtlaková.

4.2.1 Gravitační kanalizace

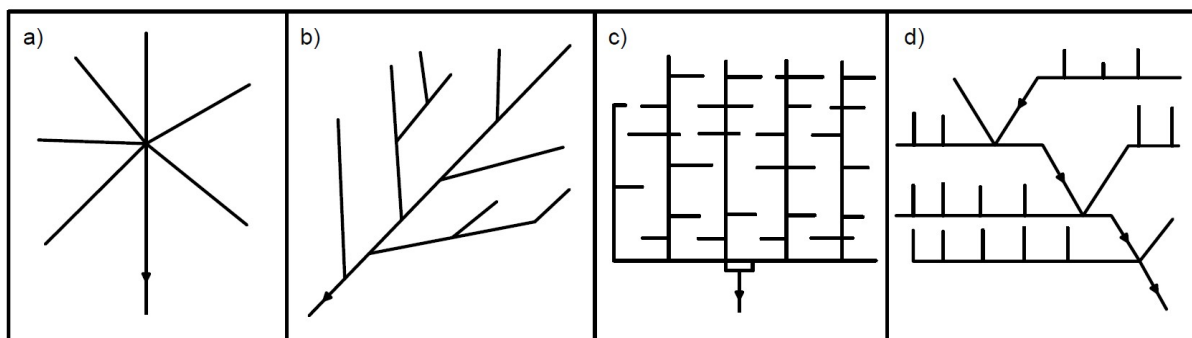
Gravitační odkanalizování je také označováno jako tradiční způsob dopravy odpadních vod. Tento způsob se používá jak u jednotné, tak i oddílné soustavy. Hlavními přednostmi jsou spolehlivost a jednoduchost provozování. Tlakové úseky při tomto způsobu jsou využity jen v minimální míře v nezbytných případech a na co nejkratších úsecích. [13]

Nevýhodou gravitačního systému je, že sklon kanalizace musí být navržen tak, aby byla zajištěna minimální unášecí rychlost odpadních vod a nedocházelo tak k zanášení stoky, čímž by se značně zvýšily náklady na provozování stoky. Velkým problémem je také velké množství balastních vod, které do systému vnikají kvůli netěsnostem mezi revizními objekty a stokami. [13]

Systémy uspořádání

Systém uspořádání slouží ke snížení nákladů na provoz stokové sítě, převážně pak s ohledem na množství a dobu čerpání odpadních vod, tak aby byla stále zajištěna požadovaná bezpečnost a spolehlivost sítě. Zvolený systém pak závisí na členitosti a řešení zástavby na daném území. Rozlišujeme tyto 4 základní systémy: [6]

- radiální systém (Obrázek 1a),
- větvený systém (Obrázek 1b),
- úchytný systém (Obrázek 1c),
- pásový systém (Obrázek 1d).



Obrázek 1: Systémy uspořádání stokových sítí

4.2.2 Zvláštní způsoby odkanalizování

V případě, kdy nelze použít gravitační odkanalizování, používají se zvláštní způsoby odkanalizování. Jedná se především o tyto problémy: [5]

- nedostatek sklonu v rovinném území,
- rozptýlená zástavba,
- vysoká hladina podzemní vody,
- sezónní přítok odpadních vod (autokempy),
- nepříznivé geologické podmínky v podloží,
- široké ulice, kde by bylo zapotřebí souběhu dvou stok,
- nemožnost umístění vstupních a revizních šatek,
- vysoká hustota inženýrských sítí,
- překážky (vodní toky),
- a další.

Tento způsob však s sebou nese i množství nevýhod: [5]

- náročnost provozu systému,
- větší nároky na provozní energie (elektrina),
- kratší životnost,
- nevhodnost pro odvádění dešťových odpadních vod,
- bez dlouhodobých zkušeností s provozováním v ČR.

Tlaková kanalizace

Jeden ze zvláštních způsobů odkanalizování, založený na principu přetlaku uvnitř stokové sítě. Domovní splašky jsou nejprve sváděny do čerpacích jímek. Odtud jsou poté pomocí čerpadel, která vyvozují vnitřní přetlak (běžný pracovní přetlak v jímce cca 20 – 50 m v. sl.), odčerpány přípojkami do hlavní stokové sítě, které je odvádí do čistírny odpadních vod. Tady se tlak pohybuje v rozsahu 50 – 300 m v. sl. Systém je vhodný pro plochá území a do cca 15 000 připojených obyvatel. [14]

Výhodou takového systému je jeho použití na územích s malým sklonem terénu a také malý rozsah zemních a výkopových prací, díky malým profilům potrubí a možnosti uložení potrubí pouze do nezámrzné hloubky, čímž se sníží i náklady na celkovou výstavbu kanalizace. [15]

Na druhou stranu je takový systém závislý na nezbytných dodávkách elektrické energie pro jeho funkčnost. Navíc je potřeba čerpadla pravidelně udržívat, aby nedošlo k jejich poškození, neboť jsou v přímém kontaktu s odpadní vodou. [14]

Podtlaková kanalizace

Podtlaková (vakuová) kanalizace, stejně jako tlaková kanalizace, patří mezi zvláštní způsoby odkanalizování. Funguje na principu vyvození podtlaku v hlavní stokové síti, kam jsou přes domovní kanalizační přípojky nasávány odpadní vody z napojených

domácností. Transportní rychlost se pohybuje v rozsahu 6 – 8 m/s, nezávisle na spádu potrubí. Transport neprobíhá klasicky jako vodní sloupec. Voda je dopravována po jednotlivých dávkách (porcích), které se skládají ze směsi kapek. Sací tlak je trvale udržován v rozmezí hodnot 60 – 70 kPa. Odpadní voda je nasávána do podtlakových nádob, odkud je následně čerpána na čistírnu odpadních vod. [14]

Mezi hlavní výhody podtlakové kanalizace patří velké transportní rychlosti. Zároveň stejně jako u tlakové kanalizace je výhodné použití v územích s malým sklonem terénu. Není nutná údržba stok a případné poruchy jsou zjištělné ve stanici.

Nevýhodou je vysoká energetická náročnost (vyšší než u tlakové kanalizace) a také nutnost výstavby podtlakové stanice. [14]

4.3 KANALIZAČNÍ ŘÁD

Kanalizační řád je dokument, na kterém je závislý provoz dané kanalizace. Tento dokument je vlastník kanalizace povinen nechat zpracovat a předložit vodoprávnímu úřadu ke schválení. Obsahuje souhrn podmínek pro řízení provozu veřejné kanalizace. [16]

V kanalizačním řádu je uveden popis území, stokové sítě a je zde stanoveno množství a kvalita vod vypouštěných do veřejné kanalizace od jednotlivých producentů. Výběr těchto hodnot lze vidět v Tabulka 11. Dále jsou zde určeny látky, které je kvůli jejich vlastnostem zakázáno vypouštět do této veřejné kanalizace: [2]

- hořlavé a výbušné látky,
- radioaktivní a infekční látky,
- látky narušující materiál stoky a případně ČOV,
- jedy, pesticidy, žíraviny,
- ropné látky.

Zároveň jsou zde uvedeny způsoby kontroly a četnosti měření koncentrací těchto látek.

Tabulka 11: Výběr hodnot limitů znečištění [2]

Ukazatel	Značka	Vzorek (max.) [mg/l]
reakce vody	pH	6.0 - 10.0 [-]
teplota	T	40 [°C]
biochemická spotřeba kyslíku	BSK ₅	900
chemická spotřeba kyslíku	CHSK _{Cr}	2 000
nerozpuštěné látky	NL	900
rozpuštěné látky	RL	2 000
uhlovodíky	C ₁₀ - C ₄₀	10
extrahované látky	EL	90
dusík celkový	N _{celk}	90
dusík amoniakální	N-NH ₄	70
fosfor celkový	P _{celk}	18
kyanidy	CN ⁻	0.2
sírany	SO ₄	400
arsen	As	0.2
chrom	Cr	0.2
měď	Cu	0.5
olovo	Pb	0.1
rtuť	Hg	0.01
zinek	Zn	4.0

4.3.1 Poplatky

Vypouštění odpadních vod do vod povrchových je zpoplatněno v případě, že vypouštěné odpadních vod překročí koncentrační nebo hmotností limit u sledovaných látek, viz Tabulka 12, případně pokud objem vypouštěných vod přesáhne objem 100 000 m³ (0,1,- Kč/m³ dle §89f – přílohy č.2). Poplatky jsou určeny dle zákona č. 254/2001 Sb. a dle §89a skládají se ze dvou dílčích částí – objem odpadních vod a celkové množství jednotlivého znečištění. Od poplatku se dle §89b osvobozuje vypouštění minerálních vod, vod ze sanačních vrtů a vody z průtočného chlazení parních turbín. V případě, že v následujícím roce dojde k poklesu znečišťujících látek o více než 50 %, je tento poplatek zrušen. V případě vod podzemních je stanoven poplatek 350,- Kč / 1 EO dle §90d. Mezi sledované ukazatele, za které se platí poplatky patří: [17]

- Chemická spotřeba kyslíku (CHSK_{Cr}),
- Rozpuštěné anorganické soli (RAS),
- Nerozpuštěné látky (NL),
- Celkový fosfor (P_{celk}),
- Celkový anorganický dusík (N_{anorg}),
- Rtuť (Hg),
- Kadmium (Cd),
- Adsorbovatelné organicky vázané halogeny (AOX).

Tabulka 12: Dílčí poplatky z jednotlivého znečištění dle zákona č. 254/2001 Sb.

Ukazatel znečištění	Sazba [Kč/kg]	Limit zpoplatnění	
		hmotnostní [kg/rok]	koncentrační [mg/l]
CHSK			
a) nečištěné odpadní vody	16	8 000	40
b) čištěné odpadní vody	8	10 000	40
c) pro odpadní vody čištěné z výroby buničiny a ze zušlechťování bavlnářských a lnářských textilií	3	10 000	40
RAS	0,5	20 000	1200
Nerozpuštěné látky	2	10 000	30
Fosfor celkový	70	3 000	3
Dusík N _{anorg}	30	20 000	20
AOX	300	15	0,2
Rtuť	20 000	0,4	0,002
Kadmium	4 000	2	0,01

4.3.2 Odběr vzorků

Odběr a následný rozbor vzorků vypouštěných odpadních vod je prováděn v průběhu celého roku. Počet odebíraných vzorků je stanoven dle zákona č. 254/2001 Sb., viz Tabulka 13. Odběr zajišťuje oprávněná kontrolní laboratoř, které vede o odebírání a kontrole jednotlivých vzorků dokumentaci. [17]

Tabulka 13: Minimální roční četnosti odběrů vzorků dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Velikost zdroje znečištění (EO)	Typ vzorku	Četnost
< 500	A	4
500 - 2000	A	12
2001 - 10000	B	12
10001 - 100000	C	26
> 100000	C	52

- typ A – dvouhodinový směsný vzorek získaný sléváním 8 dílčích vzorků stejného objemu v intervalu 15 minut,
- typ B – 24 hodinový směsný vzorek, získaný sléváním 12 objemově stejných dílčích vzorků odebíraných v intervalu 2 hodin,
- typ C – 24 hodinový směsný vzorek získaný sléváním 12 dílčích vzorků odebíraných v intervalu 2 hodin o objemu úměrném aktuální hodnotě průtoku v době odběru dílčího vzorku. [18]

Dále je stanoven přípustný počet vzorků dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb., které nesplňují znečištění v jednotlivých ukazatelích, viz Tabulka 14. [11]

Tabulka 14: Přípustný počet vzorků nesplňujících v jednotlivých ukazatelích znečištění ve vypouštěných odpadních vodách v období kalendářního roku dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Celkový počet vzorků	Přípustný počet nevyhovujících vzorků
4 - 7	1
8 - 16	2
17 - 28	3
29 - 40	4
41 - 53	5
54 - 67	6
68 - 81	7
82 - 95	8
96 - 110	9
111 - 125	10
126 - 140	11
141 - 155	12
156 - 171	13
172 - 187	14
188 - 203	15
204 - 219	16
220 - 235	17
236 - 251	18
252 - 268	19
269 - 284	20
285 - 300	21
301 - 317	22
318 - 334	23
335 - 351	24
352 - 366	25

4.4 NAKLÁDÁNÍ S VODAMI

Povolení k nakládání s povrchovými (nebo podzemními) vodami dle § 5 zákona č. 254/2001 Sb. je třeba k vypouštění odpadních vod do vod povrchových (nebo podzemních). To znamená, že každá čistírna odpadních vod musí o toto povolení zažádat na příslušném městském úřadě. Toto povolení je časově omezené, vydává se maximálně na dobu 10 let, v případě vod s nebezpečnými látkami jsou to pouze 4 roky. Nachází se zde informace o místě nakládání s vodami, provozovateli a vlastníkově čistírny, vodním toku a další. [17]

5 ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

Čistírna odpadních vod (ČOV) je zařízení, které slouží k čištění odpadních vod tak, aby bylo umožněno jejich bezpečné vypouštění do recipientu. Během procesu čištění odpadních vod dochází k odstranění znečištění pomocí biologických a fyzikálních procesů. Odpadní vody jsou zneškodňovány pomocí různých technologií v závislosti na typu odpadní vody a jejím složení. Tím vznikají různé druhy odpadu, se kterými se nutno správně nakládat. U malých čistíren se jedná především o přebytečný kal, u větších jde navíc zejména o shrabky a písek.

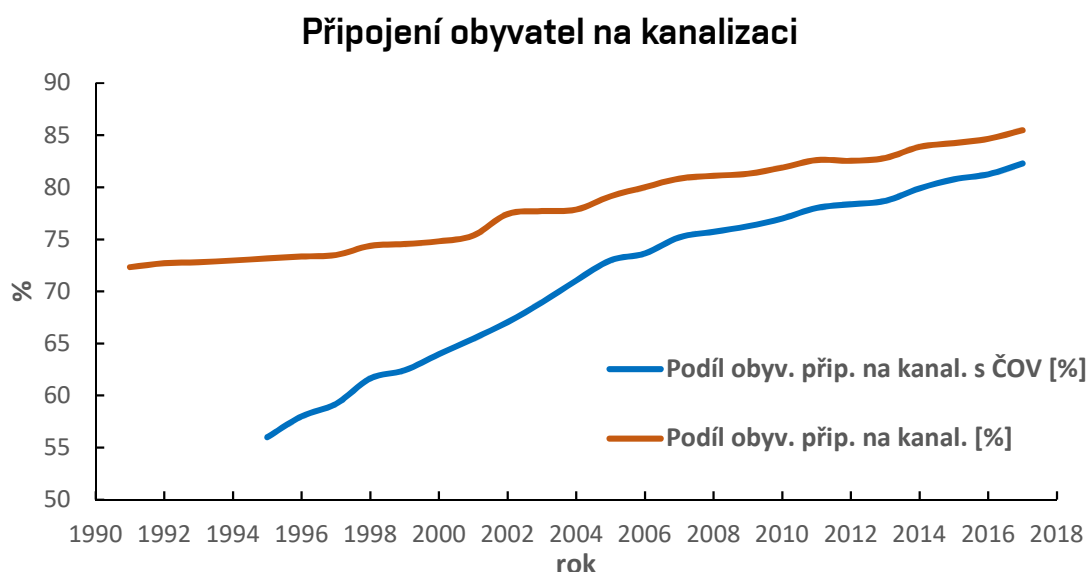
Čistírny odpadních vod můžeme obecně dělit do těchto skupin:

- Domovní čistírny,
- Městské čistírny,
- Centrální čistírny,
- Průmyslové čistírny.

5.1 ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD V ČESKÉ REPUBLICE

V České republice v uplynulých letech výrazně vzrostl počet obyvatel připojených na kanalizaci, a hlavně počet obyvatel připojených na kanalizace s čistírnou odpadních vod. Jak lze vidět v Tabulka 15, největší změna nastala po roce 2004, kdy Česká republika vstoupila do Evropské unie a zavázala se tak plnit evropskou legislativu a zároveň začala čerpat evropské finanční prostředky na budování nových čistíren. Od roku 2004 do roku 2017 byl zaznamenán nárůst podílu obyvatel připojených na kanalizaci z 77,9 % na 85,5 % a podíl obyvatel připojených na ČOV z 71,1 % na 82,3 %. V posledních letech však nárůst postupně zpomaluje, jelikož větší města jsou již na kanalizaci s ČOV připojena a u menších obcí to není z ekonomických nebo jiných důvodů možné.

Tabulka 15: Procentuální podíl obyvatel připojených na kanalizaci v České republice dle ČSÚ



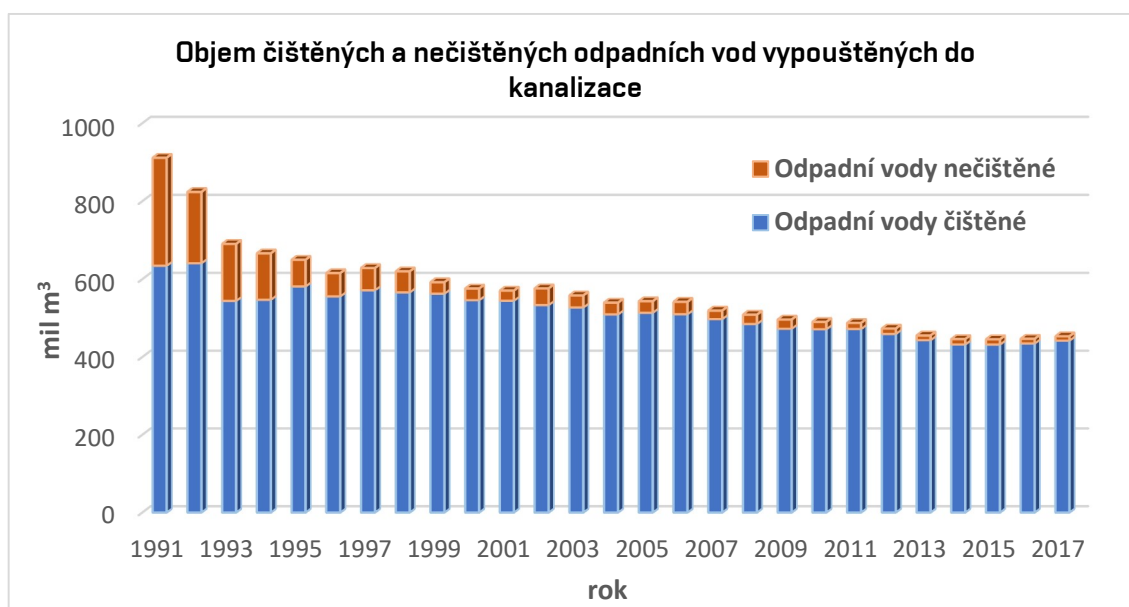
Počet čistíren odpadních vod v České republice od roku 2007 do roku 2017 vzrostl o přibližně 600 čistíren, na hodnotu 2612, jak je možné vidět v Tabulka 16, kde lze vyčíst i jednotlivé druhy čistíren dle technologie čištění a jejich celkovou kapacitu.

Tabulka 16: Počet a druh čistíren odpadních vod v České republice dle ČSÚ

Rok	Čistírný odpadních vod celkem	v tom					Celková kapacita ČOV (m ³ /den)
		mechanické	mechanicko-biologické				
			celkem	z toho s dalším odstraňováním			
				dusíku	fosforu	dusíku i fosforu	
2005	1 994	75	1 919	411	42	276	3 735 590
2006	2 017	64	1 953	427	55	353	3 775 931
2007	2 065	61	2 004	476	43	373	3 834 083
2008	2 091	54	2 037	483	41	380	3 876 178
2009	2 158	50	2 108	496	35	429	3 832 673
2010	2 188	49	2 139	476	37	458	3 797 673
2011	2 251	50	2 201	474	39	513	3 799 039
2012	2 318	50	2 268	500	42	556	3 782 197
2013	2 382	48	2 334	518	49	606	3 711 710
2014	2 445	44	2 401	542	56	638	3 800 973
2015	2 495	39	2 456	573	57	674	3 915 844
2016	2 554	36	2 518	596	67	719	3 929 774
2017	2 612	33	2 579	630	79	747	3 914 493

Zvyšováním počtu obyvatel připojených na ČOV a zároveň budováním dalších čistíren výrazně pokleslo množství nečištěných odpadních vod. Z Tabulka 17 je patrné, že množství čištěných odpadních vod za rok 2017 dosahuje hodnoty 442,18 milionů m³/rok a množství nečištěných odpadních vod pouze 11,14 milionů m³/rok, což odpovídá zhruba pouze 2,6 % z celkového množství vod.

Tabulka 17: Objem čištěných a nečištěných odpadních vod v České republice dle ČSÚ



V Tabulka 18 lze vidět množství znečištění přitékajícího a odtékajícího z čistíren v jednotlivých krajích. Jak lze vidět, v krajích s velkými krajskými městy (např. Jihomoravský) a v oblastech s velkým zastoupením průmyslu (např. Ústecký) jsou hodnoty znečištění poměrně vyšší než v ostatních krajích.

Tabulka 18: Znečištění na čistírnách odpadních vod v České republice dle ČSÚ

Území, kraj	Znečištění na ČOV (t/ rok)									
	BSK ₅		CHSK _{Cr}		NL		N _{celk.}		P _{celk.}	
	na přítoku	na odtoku	na přítoku	na odtoku	na přítoku	na odtoku	na přítoku	na odtoku	na přítoku	na odtoku
Česká republika	222 961	3 738	529 265	27 799	256 118	7 600	45 331	10 096	5 887	755
Hl. město Praha	31 088	715	80 437	4 029	41 729	1 066	7 664	2 536	890	82
Středočeský	25 518	362	55 187	2 456	23 605	530	5 268	1 004	710	97
Jihočeský	14 758	417	31 582	1 839	13 761	459	2 358	619	364	51
Plzeňský	14 704	184	33 697	1 363	14 783	240	2 334	462	373	37
Karlovarský	5 745	145	12 987	872	6 937	147	1 297	333	170	33
Ústecký	19 948	321	46 485	5 347	32 897	2 793	3 069	691	393	71
Liberecký	7 531	112	19 722	1 054	8 862	144	1 648	370	207	27
Královéhradecký	8 521	162	22 971	1 176	11 956	261	1 882	521	250	55
Pardubický	9 137	167	23 340	1 493	9 510	273	2 267	512	267	29
Vysočina	11 264	156	24 616	978	10 978	201	2 106	389	324	31
Jihomoravský	24 012	293	56 160	1 954	26 872	505	5 549	743	675	67
Olomoucký	13 829	187	33 341	1 312	16 037	298	2 529	462	335	41
Zlínský	15 264	194	39 096	1 299	17 374	229	2 711	543	338	48
Moravskoslezský	21 642	323	49 644	2 626	20 816	453	4 649	909	591	84

5.2 KATEGORIE ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD

Čistírny odpadních vod lze podle počtu připojených obyvatel rozdělit do následujících kategorií: [11]

- Kategorie ČOV do 500 EO,
 - Kategorie ČOV do 50 EO,
 - Kategorie ČOV 51 – 500 EO.
- Kategorie ČOV 501 – 2000 EO,
- Kategorie ČOV 2001 – 10 000 EO,
- Kategorie ČOV 10 001 – 100 000 EO,
- Kategorie ČOV nad 100 000 EO.

Každá kategorie ČOV má dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. předepsané doporučené použití technologií a také emisní standardy pro hodnoty koncentrací odpadní vody vypouštěné z čistíren odpadních vod (viz Tabulka 20). Dále jsou stanoveny emisní standardy pro minimální účinnost ČOV dle její kategorie (viz Tabulka 21). [11]

5.2.1 Kategorie ČOV do 50 EO

V této kategorii se nacházejí zařízení, tzv. domovní čistírny, která slouží k čištění odpadních vod z objektů do 50 EO. Je zde použit tzv. výrobový přístup, který vychází z předpokladu, že zdroje odpadních vod jsou si podobné, a proto i výsledná řešení jsou si taky podobná. Použité výrobky musí projít zkouškou typu, která ověří shodu vlastností tohoto výrobku s technickými požadavky. Následně jsou tyto výrobky označovány značkou CE a dělíme je do několika tříd, kde každá třída má stanovenou minimální účinnost čištění, viz Tabulka 19. Třídy jsou voleny dle lokality, ve které je domovní čistírna umístěna. [19]

Třída I

Jedná se o skupiny výrobků, která jsou určeny pro vypouštění odpadních vod do povrchových vod nebo do splaškových kanalizací, které do těchto vod ústí. Jsou konstruovány taky, aby u nich byla záruka odstranění uhlíkatého znečištění. [19]

Třída II

Tato kategorie výrobků je určena pro lokality, kde by zvýšený obsah amoniaku mohl působit toxicky na vodní ekosystémy, mikroorganismy a živočichy ve vodě. Tato třída musí zabezpečit vyšší účinnost odstranění uhlíkatého znečištění a stabilní nitrifikaci a také větší objem aktivace než u předchozí třídy, zaručující zvýšení koncentrace vhodných mikroorganismů v systému. [19]

Třída III

V této kategorii najdeme zpravidla domovní čistírny z třídy II, které jsou doplněny o membránovou filtraci nebo další stupeň čištění (chemickým srážením, filtrací apod.), tak aby byla zajištěna vyšší účinnost odstranění uhlíkatého znečištění, částečné odstranění dusíku pomocí denitrifikace a odstranění fosforu. Využívá se u vod, které jsou recyklovány k činnostem, při kterých může dojít ke kontaktu s lidmi (zalévání, sprchování apod.). [19]

Tabulka 19: Minimální účinnost čištění pro kategorie výrobků označovaných CE v procentech [11]

Kategorie výrobku označovaného CE	CHSK _{Cr}	BSK ₅	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
I	70	80	-	-	-
II	75	85	75	-	-
III	75	85	80	50	80

5.2.2 Kategorie ČOV do 500 EO

Jedné se o tzv. malé čistírny odpadních vod, které jsou kompaktně řešeny jako tzv. balené čistírny. Používají se pro čištění odpadních vod z menších obcí a ubytovacích zařízení. Jako nejlepší technologie pro tuto kategorii je považována nízko

až středně zatěžovaná aktivace s aerobní stabilizací kalu. Dále je možné použití například rotačních biofilmových reaktorů nebo malých biologických filtrů. Tato zařízení musí být pravidelně podrobena kontrole. Pouhé mechanické čištění není pro tuto kategorii čistíren vhodné. [19]

Do kategorie do 500 EO spadají i různé alternativní způsoby čištění odpadních vod. Patří sem například:

- Bezodtoková jímka (žumpa),
- Septik,
- Zemní filtr,
- Vegetační (kořenová) čistírna odpadních vod.

Žumpa

Jedná se o podzemní bezodtokové jímky, které se používají pro akumulaci splaškových vod. Jsou budovány v menších obcích, kde není možné odvádět odpadní vody do kanalizace a následně do čistírny odpadních vod. Všechny vody přivedené do žumpy musí být vyváženy a hygienicky zneškodňovány. [19]

Septik

Septik je protékající objekt, který slouží hlavně k mechanickému předčištění odpadních vod – zachycení nerozpuštěných látek. Samotný septik nemá dostatečnou účinnost čištění (snížení znečištění o cca 30 %) a proto bývá používán v kombinaci například se zemním filtrem. [19]

Zemní filtr

Toto zařízení je založeno na principu využívání fyzikálních, chemických a biologických čistících procesů, které probíhají v půdním prostředí. Používá se jako dočištění po mechanickém předčištění vod. Voda natéká do rozvodného potrubí a poté protéká vrstvou písku s mikrobiální vrstvou. Vyčištěná voda odtéká sběrným potrubím. Podle způsobu použití lze uvažovat plochu přibližně 1 m² až 5 m² na 1 EO. [3][23]

Vegetační čistírna

Vegetační (kořenová) čistírna se navrhuje pro biologické čištění odpadních vod, kde využívá čistící procesy v mokřadním prostředí za spoluúčasti mokřadní vegetace. Navrhuje se s horizontálním nebo vertikálním průtokem. Čistírna je obvykle tvořena předčištěním, filtračním polem s vhodnou vegetací (rákos obecný) a dočišťovacím rybníkem. Vegetační čistírny mají malé provozní náklady a jsou dobře začlenitelné do krajiny. [3][23]

5.2.3 Kategorie ČOV do 2000 EO

V této kategorii jsou obvykle klasické čistírny odpadních vod (např. kompaktní komunální mechanicko-biologické ČOV). Kromě odstraňování uhlíkatého znečištění je

nutné i odstraňování sloučenin dusíku (N-NH_4^+). Jako nejlepší dostupná technologie je považována nízko zatěžovaná aktivace se stabilní nitrifikací. Ale můžeme zde najít velkou rozmanitost technologií – zkrápěné biofiltry, rotační biofilmové reaktory, aktivační proces a další. [19]

5.2.4 Kategorie ČOV do 10 000 EO

U této kategorie je nutné, kromě odstraňování znečištění jako u předchozích kategorií, ještě navíc odstraňovat fosfor (P_{celk}). Jako nejlepší technologie je považována nízko zatěžovaná aktivace s nitrifikací a srážením fosforu pomocí solí Fe nebo Al^{3+} . Klíčovým faktorem při navrhování ČOV této kategorie je dimenzování dosazovacích nádrží. [19]

5.2.5 Kategorie ČOV do 100 000 EO

Jedná se o čistírny zajišťující čištění odpadních vod z velkých územních celků (velká města apod.). Pro tuto kategorii je stávající čištění doplněno o terciální filtraci a případně o terciální srážení fosforečnanů. [19]

5.2.6 Kategorie ČOV nad 100 000 EO

Pro tuto kategorii platí stejné podmínky jako pro kategorii předchozí, jelikož je dosaženo nepřísnějších emisních standardů při čištění odpadních vod. [19]

Tabulka 20: Emisní standardy: přípustné hodnoty (p), maximální hodnoty (m) a hodnoty průměru koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Kategorie ČOV (EO) nebo velikost aglomerace	CHSK _{Cr}		BSK ₅		NL		N-NH ₄ ⁺		N _{celk}		P _{celk}	
	p	m	p	m	p	m	průměr	m	průměr	m	průměr	m
< 500	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-	-	-
500 – 2 000	125	180	30	60	40	70	20	40	-	-	-	-
2 001 – 10 000	120	170	25	50	30	60	15	30	-	-	3	8
10 001 – 100 000	90	130	20	40	25	50	-	-	15	30	2	6
> 100 000	75	125	15	30	20	40	-	-	10	20	1	3

Tabulka 21: Emisní standardy: přípustná minimální účinnost čištění vypouštěných odpadních vod (minimální procento úbytku) dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Kategorie ČOV (EO) nebo velikost aglomerace	CHSK _{Cr} [%]	BSK ₅ [%]	N-NH ₄ ⁺ [%]	N _{celk} [%]	P _{celk} [%]
< 500	70	80	-	-	-
500 – 2 000	70	80	50	-	-
2 001 – 10 000	75	85	60	-	70
10 001 – 100 000	75	85	-	70	80
> 100 000	75	85	-	70	80

V Tabulka 22 jsou zobrazeny dosažitelné hodnoty koncentrací znečištění při použití nejlepších dostupných technologií pro danou kategorii ČOV dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Tabulka 22: Dosažitelné hodnoty koncentrací a účinností pro jednotlivé ukazatele znečištění při použití nejlepší dostupné technologie dle nařízení vlády č. 401/2015, přípustné hodnoty (p), maximální hodnoty (m)

Kategorie ČOV [EO]	Nejlepší dostupná technologie	CHSK _{Cr}			BSK ₅			NL		N-NH ₄ ⁺				N _{celk}			P _{celk}		
		konc.		účinnost [%]	konc.		účinnost [%]	konc.		konc.		účinnost [%]		konc.		účinnost [%]		účinnost [%]	
		p	m		p	m		p	m	prům	m			prům	m		prům	m	
		mg/l	mg/l		mg/l	mg/l		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l			mg/l	mg/l		mg/l	mg/l	
< 500	Nízko až středně zatěžovaná aktivace nebo biofilmové reaktory	110	170	75	30	50	85	40	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
500 - 2000	Nízko zatěžovaná aktivace se stabilní nitrifikací	75	140	75	22	30	85	25	30	12	20	75	-	-	-	-	-	-	-
2001 - 10000	Nízko zatěžovaná aktivace se stabilní nitrifikací a se simultánním srážením fosforu + mikrosíta či jiná filtrace	70	120	80	18	25	90	20	30	8	15	80	-	-	-	2	5	75	
10001 - 100000	Nízko zatěžovaná aktivace s odstraňováním nutrientů + terciární stupeň včetně srážení fosforu eventuelně dávkování externího substrátu	60	100	80	14	20	90	18	25	-	-	-	14	25	70	1,5	3	80	
> 100000	Nízko zatěžovaná aktivace s odstraňováním nutrientů + terciární stupeň včetně srážení fosforu, dávkování externího substrátu	55	90	85	10	15	95	14	20	-	-	-	10	16	75	0,7	2	85	

6 MALÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

Kategorie malých čistíren odpadních vod (přibližně 2 500 EO) je nejčastěji řešena jako stavební část (betonové nádrže a budovy) a jako technologická část (nainstalovaná do části stavební). V Tabulka 23 lze vidět rozdělení čistíren dle EO.

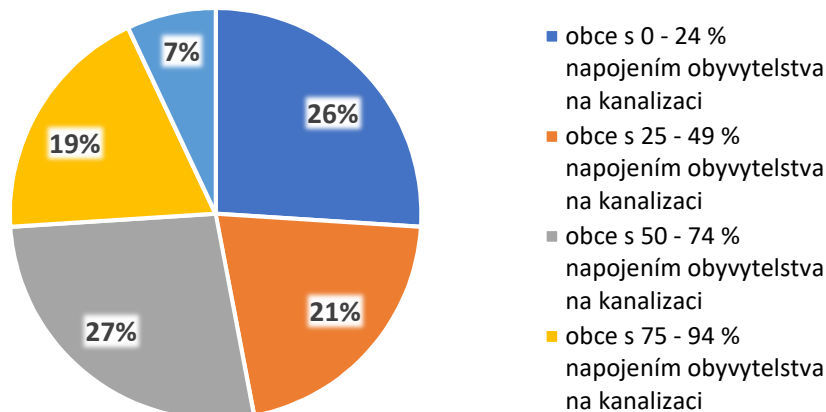
Z celkového množství odpadních vod jsou v kategorii do 2000 EO zneškodňovány pouze 3 % odpadních vod. [20]

Tabulka 23: Přehled typů ČOV pro čištění komunálních odpadních vod v obcích ČR s více než 1000 fyzickými obyvateli [20]

Velikostní kategorie ČOV dle EO	Celkový počet ČOV	Technologie					
		mechanicko - biologická aktivační	mechanicko - biologická biofiltr	mechanicko - biologická biodisk	mechanicko - chemická	kořenová	jiná
50 - 2 000	304	266	19	5	0	4	10
2 001 - 10 000	350	325	15	6	1	0	3
10 001 - 100 000	186	175	9	1	1	0	0
nad 100 000	26	26	0	0	0	0	0

Tabulka 24: Míra odkanalizování obcí s populačním ekvivalentem do 2 000 EO [20]

Míra odkanalizování obcí do 2000 EO



6.1 TECHNOLOGIE

Při návrhu technologie se vychází z místních podmínek. Dle znečištění, které přichází na čistírnu je navrhováno mechanické předčištění, aktivační nádrže a dle průtoků pak dosazovací nádrže. Také je nutné zvážit výhody a nevýhody zvolených technologií, vzhledem k nákladům na jejich pořízení a následný provoz a údržbu.

6.1.1 Mechanické čištění

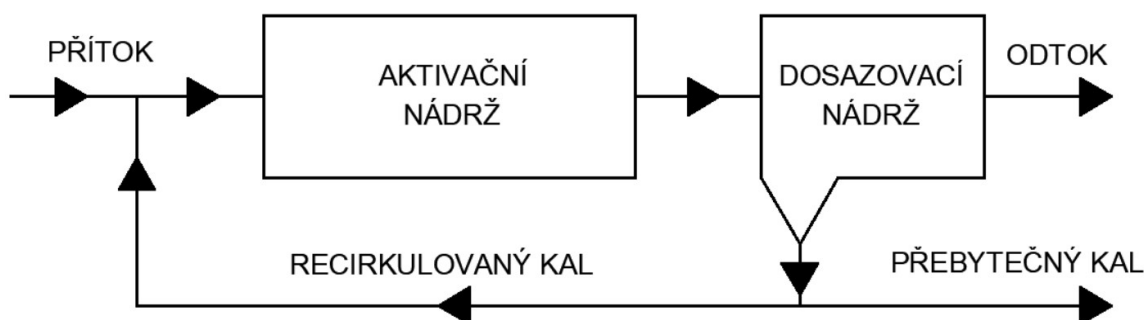
Mechanické čištění je základní a nejjednodušší způsob čištění odpadních vod, spočívající v separaci nerozpuštěných látek od čištěné vody. Provádí se především kvůli zanášení a případným závadám na dalších zařízeních na čistírně. Mechanické čištění je prováděno obvykle ve dvou stupních. V prvním stupni jsou hrubší látky odděleny v lapáku písku a na hrubých česlích (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Lapák písku je navržen, aby zachytil částice do velikosti zrn 0,2 až 0,25 mm. Je ho také nutno v pravidelných intervalech propírat pro jeho správnou funkci. Česle je pak nutné zbavovat zachycených nečistot. Ve stupni druhém (primární čištění) se pak jedná o prostou sedimentaci látek v usazovacích nádržích. [21]

6.1.2 Biologické čištění

Biologické čištění odpadních vod funguje na principu samočisticích pochodů pomocí mikroorganismů, které jsou zrychleny oproti přírodním povrchovým vodám pomocí vhodných podmínek pro rozvoj mikroorganismů. Rychlost tohoto procesu závisí na mnoha faktorech, například pH, teplota, množství kyslíku ve vodě aj. Tento typ procesu se nazývá aerobní. Vyžaduje přísun kyslíku a má vyšší nároky na energii. Je však podstatně rychlejší než proces anaerobní (bez kyslíkatý), kde má však vyšší stupeň odstranění organických látek. Biologické čištění tedy spočívá v přeměně organického znečištění na usaditelné látky, které se následně separují v dosazovacích nádržích (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Nejpoužívanější technologií pro biologické čištění odpadních vod je aktivace. [21]

Aktivace

Princip biologického čištění pomocí aktivace je tvorba shluku mikroorganismů tzv. aktivovaného kalu v aktivační nádrži, do které je přiváděn vzduch. Ke shlukování dochází, když je odpadní voda provzdušňována a obsahuje aerobní bakterie. Podíl hmotnosti polymerů roste od 1 % do 6 % se stářím kalu od 1 dne do 5 dnů. Na Obrázek 2 lze vidět schéma aktivačního procesu. Zařízení se skládá z aktivační nádrže a dosazovací nádrže. Odpadní voda po předčištění pomocí aerátorů přechází do dosazovací nádrže, kde se aktivovaný kal sedimentací odděluje od vyčištěné vody a část kalu je vráceno zpět před aktivační nádrž. [6]



Obrázek 2: Blokové schéma klasické aktivace

Mezi nejdůležitější parametry aktivačního procesu řadíme dobu zdržení, která má zásadní vliv při návrhu objemu nádrže. Objem nádrže vypočítáme jako součin přítoku odpadní vody a doby zdržení, podle následujícího vzorce: [6]

$$V = Q_0 \cdot \theta \quad [m^3]$$

kde: V ... objem nádrže $[m^3]$

Q_0 ... množství odpadních vod na přítoku do nádrže $[m^3/hod]$

θ ... doba zdržení $[hod]$

Dalším parametrem je objemové zatížení, které udává hmotnostní množství substrátu přivedené do $1m^3$ nádrže za den. Vypočte se podle vzorce: [6]

$$B_V = \frac{24 \cdot S_0}{\theta} \quad [kg/kg/den]$$

kde: B_V ... objemové zatížení $[kg/kg/den]$

S_0 ... koncentrace substrátu v odpadní vodě $[kg/den]$

Posledním sledovaným parametrem je stáří kalu, které udává podíl hmotnosti sušiny kalu v aktivační nádrži a hmotnosti sušiny kalu odebrané denně jako přebytečný kal. Lze vypočítat dle vzorce: [6]

$$\theta_X = \frac{X \cdot V}{24 \cdot [X_W \cdot Q_W + X_2 \cdot (Q_0 - Q_W)]} \quad [den]$$

kde: θ_X ... stáří kalu $[den]$

X ... koncentrace sušiny kalu v aktivační nádrži $[kg/m^3]$

X_W ... koncentrace sušiny přebytečného kalu $[kg/m^3]$

Q_W ... objem přebytečného kalu odebíraný za 1 hodinu $[m^3/hod]$

X_2 ... koncentrace suspendovaných látek v odtoku z dosazovací nádrže $[kg/m^3]$

Podle těchto faktorů rozdělujeme aktivační procesy do tří zatěžovacích skupin. Skupiny jsou znázorněny v Tabulce 25.

Tabulka 25: Rozdělení aktivačních procesů [6]

Aktivační proces	Zatížení kalu podle BSK ₅ a org. podílu kalu	Objemové zatížení kalu podle BSK ₅ a org. podílu kalu	Stáří kalu θ_x	Doba zdržení θ	Účinnost odstranění BSK ₅
	[kg/kg/den]	[kg/m ³ /den]	[dny]	[dny]	[%]
nízkozatížený	$B_x < 0.15$ $B_x < 0.05$ (aerobní stabilizace)	$B_x < 0.40$	10 až 30	24 až 72	$E > 90$ možná nitrifikace
střednězatížený	$0.15 < B_x < 0.40$	$0.5 < B_x < 1.5$	4 až 10	4 až 12	E cca 80 až 90 nitrifikace za vyšších teplot
vysocezatížený	$1 < B_x < 2$	$1.5 < B_x < 3.0$	1.5 až 4	1 až 2	$E < 80$

6.1.3 Usazovací nádrž

Jedná se o zařízení, které funguje na principu gravitačního oddělení látek obsažených v odpadní vodě – sedimentaci. Dle zařazení se dělí na primární (mechanické čištění) a sekundární (dosazovací nádrže). Podle tvaru se dále mohou dělit na pravoúhlé, kruhové a štěrbínové. V případě dosazovacích nádrží se zpravidla jedná o nádrže kruhového půdorysu, kde tak dochází k oddělení vyčištěné vody od aktivovaného kalu. Vyčištěná voda poté odtéká přes přepadovou hranu pryč z nádrže. [6]

Mezi hlavní návrhové parametry dosazovací nádrže patří hydraulické povrchové zatížení, které vyjadřuje množství vod na 1 m² plochy nádrže za hodinu:

$$v = \frac{Q}{F_{DN}} \quad [m^3/m^2/hod]$$

kde: v ... povrchové hydraulické zatížení [m³/m²/hod]

Q ... přítok odpadních vod do nádrže [m³/hod]

F_{DN} ... plocha dosazovací nádrže [m²]

6.1.4 Kalové hospodářství

Kalové hospodářství se skládá z kalojemu a dle požadavků případně i zahušťováním kalu. Zachycený kal je zpracováván hygienicky nezávadným způsobem, například zahušťováním, odvodňováním, kompostováním a dalšími způsoby. Po separaci kalu by mělo následovat jeho zahušťování. Doba potřebná pro zahuštění kalu je v rozmezí od 3 do 4 hodin. Výsledný kal je následně stabilizován pomocí aerobní nebo anaerobní stabilizace. V případě menších čistíren se preferuje možnost aerobní stabilizace. Kal je poté možné využít v zemědělství jakožto kompostovaný substrát nebo ke hnojení půdy. [6]

7 VYHODNOCENÍ PROVOZU ČISTÍRNY SVITÁVKA

7.1 INFORMACE O OBCI

Svitávka je městys v okrese Blansko, který se nachází v Jihomoravském kraji, nedaleko od města Boskovice. Svitávka má průměrnou nadmořskou výšku 314 m. n. m. Katastr obce má rozlohu 826 ha. Obcí protéká řeka Svitava. V současné době v obci žije přibližně 1 800 obyvatel. [24]

7.2 INFORMACE O PROJEKTU

V letech 2011 až 2013 byl v městysu Svitávka realizován projekt na vybudování splaškové kanalizace o celkové délce 12,51 km, zaústěné do čistírny odpadních vod o kapacitě 2 228 EO. Díky tomu je možné odstranit znečištění 62,80 t/rok $CHSK_{Cr}$, 30,41 t/rok NL a 1,28 t/rok P_{celk} . Byl také vytvořen předpoklad pro připojení 1846 EO. [25]

Celkové náklady na projekt činily 98 128 651 Kč, z čehož bylo 67 286 325,- Kč (85 %) dotováno z fondu Evropské unie, 3 958 019,- Kč (5 %) příspěvek Státního fondu životního prostředí a 7 916 038,- Kč (10 %) byl příspěvek městyse Svitávka. [25]

Cílem projektu bylo vybudování nové souvislé splaškové kanalizace a čistírny odpadních vod v městysu Svitávka. Projekt vypracovala společnost VH atelier, spol. s r.o. Navržená kanalizace je řešena v okrajových částech a v ulicích vedených kolem vodotečí jako oddílná. Na náměstí a v jeho okolí a v jižní části bude kanalizace jednotná. Odkanalizování území je kvůli jeho charakteru řešeno kombinovaným způsobem, a to gravitačně a přečerpáváním. Bylo vybudováno celkem 13 čerpacích stanic (12 na kanalizační síti a 1 přímo na čistírně). Tyto čerpací stanice je nutné 2x ročně zkontrolovat a vyčistit, aby nedošlo k jejich zanesení a případnému poškození. Trubní gravitační kanalizace je navržena z plastových trub DN 250 a 300 mm, výtlačky DN 90 až 110 mm. Čerpací stanice jsou rovněž prefabrikované, dodávané jako kusový výrobek včetně vystrojení. 9 čerpacích stanic je technologicky navrženo ponornými čerpadly v mokré jímce a 4 centrální čerpací stanice jsou navrženy se systémem separace pevných látek. [26]



Obrázek 3: Budova čistírny a čerpací stanice

Pro čištění odpadních vod je vybudována dvoulinková mechanicko-biologická čistírna v zastřešeném objektu o kapacitě 2228 EO s chemickým srážením fosforu. Celková délka vybudované stokové splaškové sítě celkem je 12 562,4 m, z toho stoky gravitační DN 300 je 3 877,7 m, stoky gravitační DN 250 je 5 858,2 m a výtlaku PE je 2 826,5 m. [26]

V Tabulka 28 a Tabulka 29 lze vidět povolené množství a jakost vypouštěných vod do vodního toku řeky Svitava.

7.2.1 POPIS OBJEKTŮ ČISTÍRNY

Odpadní voda je přiváděna ze stokové sítě do čerpací jímky. Ta je osazena česlicovým košem, v němž jsou zachycovány hrubé nečistoty, které by mohly poškodit čerpadlo v jímce. Bezpečností přepad je zaústěn do řeky Svitavy, bez měření průtoku. Dosud však nenastal stav, kdy by byl bezpečností přepad potřebný. Obtok čistírny je veden přes hrubé předčištění, které se skládá z česlicového koše a poté přes čerpací jímku do řeky. Jímka má DN 5000 a je hluboká přibližně 10 m, tedy pro maximální akumulaci vody přibližně 200 m³.



Obrázek 4: Čerpací jímka s česlicovým košem

Jímka je osazena jeřábem s ručním pohonem, který slouží k vyzvednutí česlicového koše a manipulaci s čerpadlem. Shrabky se umísťují do 2 kontejnerů. Jeden slouží pro čerpací jímku, druhý pro česle. V případě špatného počasí jsou tyto kontejnery zakryty plachtou, která slouží jako ochrana před deštěm. Shrabky nejsou dále nijak upravovány nebo chemicky ošetřovány. Předpokládaná produkce shrabku je odhadnuta na 11,1 t/rok. Kontejnery jsou vyváženy přibližně 1x ročně.



Obrázek 5: Jeřáb u čerpací jímky a kontejnery na shrabku

Z čerpací jímky je dále odpadní voda čerpána ponornými čerpadly na mechanické předčištění pomocí jemných strojních česlí. V případě poruchy nebo ucpání česlí jsou obtékány bez jakéhokoliv mechanického předčištění. Dopravník shrabku není kontinuálně v provozu, je spouštěn jen na několik desítek minut denně. Z česlí je voda čerpána pomocí mamutkového čerpadla do vertikálního lapáku písku



Obrázek 6: Strojní česle a dopravník shrabku

Následně je voda dopravována do zastřešené aktivací nádrže. Díky tomu je zde možné udržovat stálou teplotu a nedochází tak k zamrzání nádrží v zimních měsících. Nad nádrží je navržena provozní lávka, na které jsou umístěna zařízení aktivace. Díky tomu se lépe provádí jejich kontrola. Měření množství O_2 se provádí pomocí kyslíkové sondy, která je také umístěna na lávce. V závislosti na naměřených hodnotách je prováděno provzdušňování nádrže. Sedimentační zkoušky jsou prováděny obsluhou a každý měsíc probíhá celkový rozbor vody v aktivaci.

Voda dále putuje do dosazovací nádrže, kde se sedimentací aktivovaný kal oddělí od vyčištěné vody. Ten je ze dna nádrže čerpán zpět do nádrže aktivací, případně jako přebytečný kal do nádrže kalu.

Vyčištěné odpadní vody z ČOV jsou vedeny z dosazovacích nádrží přes Thompsonův přepad do toku řeky Svitavy.

Tabulka 26: Návrhové parametry ČOV [26]

Parametr	hodnota	jednotky
Počet EO	2 228	EO
Specifické množství odpadních vod - Q_{spec} (včetně vod balastních)	140.3	l/os/den
Průměrné denní množství odpadních vod - Q_{24}	312.52	m ³ /den
Součinitele denní nerovnoměrnosti - k_d	1.5	-
Maximální denní množství odpadních vod - Q_d	437.53	m ³ /den
Součinitel maximální hodinové nerovnoměrnosti - k_h	2.1	-
Maximální hodinové množství odpadních vod - Q_h	38.28	m ³ /hod
Celkové roční množství odpadních vod - Q_r	114 070.53	m ³ /rok
Předpokládaná produkce kalu po odvodnění (sušina 15 %)	131,5	m ³ /rok
Předpokládaná produkce shrabku	11,1	t/rok

Tabulka 27: Celkové návrhové zatížení ČOV [26]

Druh zatížení	hodnota	jednotky
BSK5	133.7	kg/den
CHSKCr	267.4	kg/den
NL	122.5	kg/den
Ncelk	24.5	kg/den
Pcelk	5.6	kg/den

Tabulka 28: Povolené množství vypouštěných odpadních vod [26]

Parametr	hodnota	jednotky
Maximální povolené	5.06	l/s
Maximální povolené měsíční	13 125.9	m ³ /měsíc
Maximální povolené roční	114 070	m ³ /rok
Počet měsíců v roce, ve kterých se vypouští	12	
Počet dnů v roce, ve kterých se vypouští	365	
Velikost zdroje znečištění v EO	2 228	

Tabulka 29: Povolené jakosti vypouštěných vod (ČOV) v mg/l, přípustné hodnoty (p), maximální hodnoty (m): [26]

Ukazatel	hodnoty "p"	hodnoty "m"
CHSK _{Cr}	100	140
BSK ₅	20	40
NL	25	50
N-NH ₄	12	20
P _{celk.}	2	6

7.3 NAMĚŘENÁ DATA

Měření bylo prováděno 12x ročně a odběry byly rovnoměrně rozloženy během celého roku. Měrný objekt se nachází na výtoku z ČOV a je osazen trojúhelníkovým Thompsonovým přepadem. Vzorek je 24hodinový, směsný, získaný sléváním 12 objemově stejných vzorků, odebíraných v intervalu 2 hodin, tj. vzorek B, dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Jelikož po vybudování čistírny odpadních vod a nové splaškové kanalizace v roce 2013 docházelo k postupnému napojování obyvatelstva a částí obce na veřejnou kanalizaci, je znečištění v tomto roce podstatně nižší, než na jaké byla čistírna odpadních vod navržena. Hodnoty průtoků v jednotlivých měsících jsou patrné v Tabulka 30. V Tabulka 31 a Tabulka 32 lze pak vidět hodnoty znečištění přitékajícího na čistírnu a na jejím odtoku.

Tabulka 30: Naměřené průtoky na ČOV

Rok	Měsíc	Stav průtokoměru m ³	Průtok m ³ /měsíc	Celkem m ³ /rok
2013	srpen	2 832	2 832	21 446
	září	5 569	2 737	
	říjen	9 125	3 556	
	listopad	12 997	3 872	
	prosinec	21 446	8 449	
2014	leden	25 488	4 819	78 645
	únor	42 842	6 073	
	březen	47 011	4 169	
	duben	52 830	5 819	
	květen	60 293	7 463	
	červen	67 532	7 239	
	červenec	74 893	7 361	
	srpen	81 787	6 894	
	září	88 871	7 084	
	říjen	96 480	7 609	
	listopad	103 388	6 908	
	prosinec	110 595	7 207	
2015	leden	117 938	7 343	76 022
	únor	124 043	6 105	
	březen	130 417	6 374	
	duben	136 502	6 085	
	květen	143 023	6 521	
	červen	149 819	6 796	
	červenec	156 378	6 559	
	srpen	162 464	6 086	
	září	168 412	5 948	
	říjen	174 673	6 261	
	listopad	180 272	5 599	
	prosinec	186 617	6 345	

Jak lze v Tabulce 30 vidět, na počátku provozování čistírny byly hodnoty průtoků poměrně nízké, než došlo k napojení veškerého obyvatelstva městyse Svitávka na novou splaškovou kanalizaci. Poté se hodnota měsíčního průtoky pohybovala na průměrné hodnotě přibližně 6 500 m³/měsíc.

Tabulka 31: Balance znečištění na přítoku na ČOV

Rok	Měsíc	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄	P _{celk.}
		[mg/l]				
2013	srpen	238	530	292	68.30	10.6
	září	319	601	276	88.15	9.4
	říjen	401	841	283	152.10	15.1
	listopad	284	536	273	91.65	12.6
	prosinec	464	777	379	87.35	12.2
	Průměr	341.20	657.00	300.60	97.51	11.98
2014	leden	480	1 066	339	74.08	20.3
	únor	533	1 120	492	65.32	19.6
	březen	755	1 451	732	77.25	21.1
	duben	747	1 530	792	135.90	23.1
	květen	1 093	2 290	1432	117.20	40.7
	červen	752	1 550	770	126.50	23.6
	červenec	774	1 487	860	132.00	23.7
	srpen	1 330	3 595	2 600	78.90	39
	září	745	1 496	760	132.55	21.2
	říjen	761	1 516	760	125.70	20.8
	listopad	743	1 895	820	136.00	25.3
	prosinec	1019	2 550	1 500	148.25	35.8
	Průměr	811.00	1 795.50	988.08	112.47	26.18
2015	leden	417	848	560	113.50	19.4
	únor	911	2 205	880	132.50	25.4
	březen	288	639	280	85.65	13.3
	duben	667	1 383	670	119.65	17.5
	květen	980	1 498	970	132.65	27.6
	červen	11 86	2 500	660	136.25	36.3
	červenec	1 084	1 970	1200	128.15	20.7
	červenec	702	1 427	610	120.20	19.4
	srpen	349	829	230	119.00	13.8
	září	422	864	260	127.15	14.5
	říjen	737	1 405	690	162.50	18.4
	listopad	545	1 302	680	80.55	17.8
	prosinec	1 522	3 510	550	127.65	43.1
	Průměr	754.62	1 567.69	633.85	121.95	22.09

Stejně jako tomu bylo u průtoku, tak i v Tabulka 31 lze vidět, že znečištění přítékající na čistírnu odpadních vod bylo zpočátku na nízkých hodnotách a v průběhu dalších let se hodnoty postupně ustálily.

Tabulka 32: Bilance znečištění na odtoku z ČOV

Rok	Měsíc	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄	P _{celk.}
		[mg/l]				
2013	srpen	3.6	27	3	1.33	5.2
	září	3.9	32	5	0.93	6.5
	říjen	2.6	22	2	1.40	3.4
	listopad	2.4	9	2	0.53	0.7
	prosinec	2.6	28	6	0.51	1.7
	Průměr	3.02	23.60	3.60	0.94	3.50
2014	leden	4.3	24	2	0.42	1
	únor	4.4	44	3	1.82	1.7
	březen	4.0	28	5	1.37	0.6
	duben	2.7	24	2	0.31	0.4
	květen	3.7	26	2	0.45	1.2
	červen	3.3	25	2	0.64	0.9
	červenec	3.5	30	2	0.35	0.8
	srpen	2.1	24	2	0.22	0.7
	září	3.7	33	2	0.96	1.3
	říjen	2.6	26	2	0.27	0.7
	listopad	5.1	26	2	0.42	1.5
	prosinec	3.0	34	2	0.39	1.5
	Průměr	3.53	28.67	2.33	0.64	1.03
2015	leden	5.2	21	3	0.45	2.4
	únor	4.2	30	2	0.50	0.5
	březen	3.1	28	4	0.27	0.5
	duben	3.4	31	3	0.40	0.7
	květen	2.4	48	4	1.10	1.4
	červen	5.1	22	3	0.32	1.1
	červenec	4.3	24	3	0.51	0.9
	červenec	2.9	38	3	0.54	0.7
	srpen	5.3	32	7	0.39	1.3
	září	2.2	31	3	0.33	1.2
	říjen	4.3	20	2	0.16	2.3
	listopad	4.8	31	2	0.89	1.6
	prosinec	6.1	33	6	0.39	1.8
	Průměr	4.10	29.92	3.46	0.48	1.26

7.4 VYHODNOCENÍ PROVOZNÍCH DAT

Tato podkapitola se zabývá porovnáním návrhových hodnot čistírny odpadních vod a hodnot skutečně naměřených během provozování čistírny. Naměřené hodnoty byly zprůměrovány za daná období a výsledné průměrné hodnoty jsou použity pro následující vyhodnocení.

7.4.1 VYHODNOCENÍ PRŮTOKŮ

Při návrhu čistírny byla použita hodnota specifického množství odpadních vod (včetně vod balastních) 140,3 l/os/den. Při přepočtu z ročních přítoků na čistírnu byly zjištěny hodnoty specifického množství odpadních vod, viz Tabulka 33.

Tabulka 33: Přepočet ročních průtoků na specifické množství odpadních vod

Rok	Průtok	
	m ³ /rok	l/os/den
2013	21 446	62.91
2014	78 645	96.71
2015	76 022	93.48

V roce 2013 byla hodnota průtoků podstatně menší oproti následujícím rokům, jelikož docházelo k postupnému připojování obyvatel na kanalizaci, tudíž je výsledná hodnota specifického množství odpadních vod pouze 62,91 l/os/den. V dalších letech je však už vidět, že se hodnota ustáleně pohybuje okolo 95 l/os/den. Což je i tak oproti návrhové hodnotě podstatně méně.

7.4.2 VYHODNOCENÍ ZATÍŽENÍ

V Tabulka 34 je vidět porovnání návrhového zatížení a skutečně naměřeného zatížení přepočítaného na jeden den.

Tabulka 34: Porovnání návrhového a skutečného zatížení čistírny

Druh zatížení	Návrhové hodnoty		Skutečné hodnoty					
	[kg/den]	[g/os/den]	2013		2014		2015	
			[kg/den]	[g/os/den]	[kg/den]	[g/os/den]	[kg/den]	[g/os/den]
BSK ₅	133.7	60.0	47.83	21.5	174.74	78.4	157.17	70.5
CHSK _{Cr}	267.4	120.0	92.09	41.3	386.87	173.6	326.52	146.6
NL	122.5	55.0	42.14	18.9	212.90	95.6	132.02	59.3
N _{celk}	24.5	11.0	-	-	27.19	12.2	-	-
P _{celk}	5.6	2.5	1.68	0.8	5.64	2.5	4.60	2.1

Návrhové hodnoty se řídí dle českých norem. Je však patrné, že hodnoty naměřené v letech 2014 a 2015 tyto návrhové hodnoty převyšují. V tabulce lze například vidět, že co se týče BSK_5 , je skutečné zatížení, které přiteče na čistírnu za 1 den je přibližně o 25 % vyšší než zatížení návrhové. U $CHSK_{Cr}$ bylo skutečné zatížení v roce 2014 téměř po polovinu větší než zatížení návrhové.

7.4.3 VYHODNOCENÍ EKVIVALETNÍCH OBYVATEL

V Tabulka 35 lze vidět přepočtení ekvivalentních obyvatel dle skutečných průtoků a skutečného zatížení čistírny odpadních vod.

Tabulka 35: Přepočet EO dle reálného znečištění přitékajícího na ČOV

Rok	Průtok	BSK_5	EO	$CHSK_{Cr}$	EO
	m^3/rok	[mg/l]	[-]	[mg/l]	[-]
2013	21 446	341.2	798	657.0	768
2014	78 645	811.0	2 913	1 795.5	3 224
2015	76 022	754.6	2 620	1 567.7	2 721

Z hodnot z Tabulka 35 je patrné, že je překročeno návrhové zatížení čistírny, které je pouze 2 228 EO. I přes fakt, že jsou překročeny návrhové hodnoty zatížení, čistírna účinně odstraňuje znečištění a jsou tak splněny limity na jejím odtoku.

Jak již bylo zmíněno výše, v roce 2013 nebylo na kanalizaci napojeno veškeré obyvatelstvo. Je tedy třeba tento rok posuzovat zvlášť. V tomto roce byly změřeny průtoky od měsíce srpna do konce roku, tj. přibližně 153 dní. Za tuto dobu přiteklo na čistírnu $21\,446\ m^3$ splaškových vod se znečištěním pohybujícím se v průměru na hodnotě $341,2\ mg/l$ BSK_5 a $657,0\ mg/l$ $CHSK_{Cr}$. Těmto hodnotám odpovídá hodnota 798 EO, respektive 768 EO.

V dalších dvou letech se již hodnoty průtoků a znečištění ustálily a je tedy možné tyto roky vyhodnotit dohromady. V těchto letech byl přítok na čistírnu v průměru $77\,333,5\ m^3$ splaškových vod za kalendářní rok. Znečištění na přítoku bylo přibližně $782,8\ mg/l$ BSK_5 a $1\,681,6\ CHSK_{Cr}$. Odpovídající hodnota znečištění je tedy 2 768 EO, respektive 2 973 EO.

7.4.4 SOUHRN VÝSLEDKŮ

Při navrhování nové čistírny odpadních vod je vždy důležité zohlednit způsob odkanalizování obce a také použít odpovídající ukazatele produkce znečištění. Navržená stoková síť je převážně tvořena gravitačním způsobem odkanalizování, ale nachází se zde 12 úseků, kde je splašková voda tlakově čerpána. Pokud je totiž nátok do čerpací stanice příliš malý, například v noci, může v tlakové kanalizaci při čerpání malého množství splašků dojít k jejich zahánění. Pro takový typ kanalizace je nutné,

aby docházelo k rychlostem proudění vody min. 0,7 m/s, jelikož tato rychlost zaručuje tzv. samočistící efekt výtlačného potrubí.

Z dat naměřených v roce 2013, kdy byla na čistírnu připojena pouze část obyvatel gravitačním způsobem, je patrné, že hodnoty znečištění na 1 obyvatele jsou nižší, než návrhové hodnoty dle platných norem. Například v roce 2013 bylo naměřena průměrná hodnota 47,83 g/os/den BSK₅, oproti normové hodnotě 60 g/os/den. Bylo by tedy možné využít snížení hodnot produkce specifického znečištění na 1 obyvatele, jak je umožněno dle platných norem. V následujícím období došlo postupně k napojení všech obyvatel na kanalizaci a pro tyto účely bylo využito již zmíněného přečerpávání splaškové vody. Velký počet obyvatel (a podniků) připojených přes tlakovou síť má zásadní vliv na jakost vody a z výsledků měření je patrné, že v letech 2014 i 2015 byly přesaženy normové hodnoty specifického znečištění na 1 obyvatele za den. Například v roce 2014 byla naměřena průměrná hodnota znečištění 78,4 g/os/den BSK₅, což výrazně přesahuje normami stanovenou hodnotu 60 g/os/den.

Jednou z možností, jak při návrhu zohlednit druh odkanalizování obce (v tomto případě tlakovou kanalizaci) je optimalizace návrhových parametrů specifické produkce zatížení, označované s_0 . Současná legislativa bohužel nijak tyto systémy odkanalizování nerozlišuje. Z naměřených dat je však patrné, že návrhové parametry zatížení udávané v českých normách ČSN 75 6401, ČSN 75 6402 a také ve směrnici Rady 91/271/EHS, které jsou dlouhodobě beze změny, se v současnosti jeví jako nedostačující, jelikož naměřené hodnoty znečištění převyšují právě tyto návrhové hodnoty ve zmíněné legislativě. Pro gravitační způsob odkanalizování se jeví jako vhodné řešení ponechání současné hodnoty specifického znečištění na 1 obyvatele za den, případně jeho mírná redukce, jak nám umožňují samotné normy (maximálně o 50 %). Pro tlakové či podtlakové systémy by však snížení tohoto parametru umožněno být nemělo, jelikož hodnoty znečištění jsou příliš vysoké a návrhové hodnoty by měly být pro tento druh systému naopak navýšeny, jak je patrné z vyhodnocených dat.

Dalším vlivem, který může mít za důsledek horší jakost vody, může být dlouhodobě klesající spotřeba vody. Průměrná spotřeba vody v České republice činí přibližně 88,6 l/os/den. Dle Světové zdravotnické organizace bylo hygienické minimum stanoveno na hodnotu 100 l/os/den. V současnosti je však doporučená hodnota 80 l/os/den, v závislosti na vybavenosti dané obce nebo města. Z naměřených dat lze vidět že v roce 2014 byla spotřeba vody v námi řešené obci 96,71 l/os/den a o rok později už pouze 93,48 l/os/den, což potvrzuje současný celorepublikový trend. Jelikož je kanalizační soustava navržena na hodnotu podstatně vyšší, 140,3 l/os/den, není využit celý potenciál kanalizační stoky a může zde docházet například k zanášení vlivem nedostatečného průtoku. To pak má za následek zhoršenou kvalitu vody, a tudíž větší

zatížení přitékající na čistírnu, v extrémních případech může dojít například k poškození čerpadel na síti.

Současně má na kvalitu vody vliv i sucho, které je dlouhodobý problém pro celou Českou republiku. Některé úseky kanalizace v obci jsou navrženy jako jednotná stoka, proto jsou dimenzovány i na dešťovou vodu. Pokud však v oblasti dlouhodobě neprší, je průtok stokou vzhledem k její velikosti příliš malý a opět tak může docházet k zanášení vlivem malých průtoků. Avšak ve chvíli, kdy po delší době bez srážek přijdou intenzivní srážky, jsou z povrchu (silnice, chodníky, okolní půda) splachovány do kanalizace nejrozumnější nečistoty, například písek, sypací sůl, zemina, aj. Ty se buď mohou usazovat v kanalizaci nebo jsou splachovány směrem na čistírnu, čímž zhoršují jakost vody a opět tak může dojít až k poškození strojního vybavení jak na stokové síti, tak na samotné čistírně odpadních vod.

8 ZÁVĚR

Bakalářská práce byla zaměřena na posouzení návrhových parametrů malé čistírny odpadních vod v městysu Svitávka v Jihomoravském kraji, a parametrů vypočítaných ze skutečně naměřených dat během prvních let jejího provozu.

Cílem práce bylo porovnat získaná naměřená data z prvních 3 let provozu čistírny odpadních vod s návrhovými hodnotami specifického množství odpadních vod, specifické produkce znečištění na 1 obyvatele za den a počtem ekvivalentních obyvatel. V závěrečném souhrnu byly uvedeny možné příčiny nesrovnalostí s návrhovými hodnotami.

V teoretické části práce je v první kapitole uvedena aktuální česká a evropská legislativa, které se týká jak čistíren odpadních vod, tak samotných odpadních vod nebo kanalizací. Následující kapitola se zabývá odpadními vodami, rozlišuje druhy odpadních vod podle jejich vzniku, a především se zabývá jejich složením. Dále jsou zde uvedeny návrhové průtoky a další návrhové parametry používané při návrhu čistíren odpadních vod. V závěru kapitoly jsou uvedeny základní ukazatele znečištění odpadních vod, včetně jejich stanovení a obvyklých hodnot ve vodách. Další částí je vazba mezi stokovou sítí a čistírnami odpadních vod. Jsou zde uvedeny druhy stokových soustav a také používané způsoby odkanalizování, včetně jejich možných výhod a nevýhod použití. Jsou zde také uvedeny informace o kanalizačním řádu, přípustných limitech znečištění a poplatcích za vypouštění odpadních vod. Následující kapitola popisuje čistírny odpadních vod, jejich základní dělení a počty v České republice. Dále jsou uvedeny jednotlivé kategorie čistíren odpadních vod dle ekvivalentních obyvatel a možné použitelné technologie pro jednotlivé kategorie. Poslední teoretická část se zabývá malými čistírnami odpadních vod a podrobnějším popisem používaných technologií, včetně jejich návrhových hodnot.

Praktická část se zabývá malou čistírnou odpadních vod v městysu Svitávka v Jihomoravském kraji, kterým protéká řeka Svitava. Tato čistírna je navržena na 2 228 EO. V úvodu jsou uvedeny základní informace o projektu vybudování této čistírny a nové kanalizace v této obci. Je zde dále uveden popis funkce jednotlivých objektů, včetně fotodokumentace, a také návrhové parametry (počet EO, průtoky, znečištění, limity, aj.) použité při návrhu této čistírny. V další části jsou uvedena reálná naměřená data měsíčních průtoků z čistírny za první 3 roky provozu čistírny, stejně jako bilance znečištění na přítoku a odtoku z čistírny. Tyto data jsou dále porovnána s návrhovými hodnotami jak průtoků, tak počtu EO a návrhového znečištění na 1 obyvatele za den. V poslední části práce, souhrnu výsledků, jsou pak zmíněny možné příčiny a důsledky překročení návrhových hodnot a jejich možné řešení pro budoucí navrhování čistíren odpadních vod.

9 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] MALÝ, Josef; Malá, Jitka. *Chemie a technologie vody. 2., dopl. vyd. Brno: Ardec, 2006, xii, 331 s. ISBN 80-86020-50-9.*
- [2] PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 5. aktualizované a doplněné vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2015. ISBN 978-80-7080-928-0.
- [3] ČSN 75 6402 (756402) *A Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017. Dostupné také z: <https://csnonline.agentura-cas.cz>
- [4] ČSN 75 6401 (756401) *A Čistírny odpadních vod pro ekvivalentní počet obyvatel (EO) větší než 500*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014. Dostupné také z: <https://csnonline.agentura-cas.cz>
- [5] ČSN 75 6101 (756101) *A Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012. Dostupné také z: <https://csnonline.agentura-cas.cz>
- [6] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN, Petr PRAX, Petr HLUŠTÍK a Radim MIFEK. *Stokování a čištění odpadních vod: Studijní opora, modul 1, 2*. Brno, 2006.
- [7] HLAVÍNEK, Petr. *Čištění odpadních vod: praktické příklady výpočtů*, Brno: Noel 2000, 1996. ISBN 80-86020-00-2.
- [8] KUČERA, T.; RACLAVSKÝ, J.; PRAX, P.; HOLMA, D.; HLUŠTÍK, P. *Projekt vodní hospodářství obcí*. Projekt vodní hospodářství obcí. 1. Brno: VUT v Brně, FAST, 2006. s. 1-206.
- [9] ČSN EN ISO 6878 (757465) *A Jakost vod – Stanovení fosforu – Spektrofotometrická metoda s molybdenanem amonným*. Praha: Český normalizační institut, 2005. Dostupné také z: <https://csnonline.agentura-cas.cz>
- [10] ČSN EN ISO 15681-1 (757464) *A Jakost vod – Stanovení orthofosforečnanů a celkového fosforu průtokovou analýzou (FIA a CFA). Část 1, Metoda průtokové injekční analýzy (FIA)*. Praha: Český normalizační institut, 2005. Dostupné také z: <https://csnonline.agentura-cas.cz>
- [11] Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.: *Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech*, In: . ročník 2015, číslo 401.
- [12] ČSN 73 6005 (736005) *A Prostorové uspořádání sítí technického vybavení*. Praha: Český normalizační institut, 1994. Dostupné také z: <https://csnonline.agentura-cas.cz>
- [13] Vliv kanalizační sítě na kvantitu a kvalitu dopravené odpadní vody na ČOV. *TZB-info* [online]. [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/kanalizace-splaskova/7813-vliv-kanalizacni-site-na-kvantitu-a-kvalitu-dopravene-odpadni-vody-na-cov>

- [14] Způsob dopravy odpadních vod. *VŠB – Technická univerzita Ostrava* [online]. [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ2/7_doprava_odpadnich_vod.html
- [15] TLAKOVÁ KANALIZACE. *Plastsva.cz* [online]. [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: <http://www.plastsva.cz/services/tlakova-kanalizace/>
- [16] Zákon č. 274/2001 Sb: *Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)*, In: ročník 2001, číslo 274.
- [17] Zákon 254/2001 Sb.: *Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*, In: . ročník 2001, číslo 254.
- [18] Vyhláška č. 328/2018 Sb.: *Vyhláška o postupu pro určování znečištění odpadních vod, provádění odečtů množství znečištění a měření objemu vypouštěných odpadních vod do vod povrchových.*, In: . ročník 2018, číslo 328.
- [19] KAŇKA, Jiří. *Provozování a bezpečnost stok a čistíren odpadních vod*. České Budějovice: Vysoká škola evropských a regionálních studií, 2013. ISBN 978–80–87472–52–1.
- [20] Registr komunálních zdrojů znečištění. *HYDROEKOLOGICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM VÚV TGM* [online]. [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: https://heis.vuv.cz/data/spusteni/projekty/rkz/dokumenty/clanek/K1_mf.htm
- [21] SOJKA, Jan. *Čistírny odpadních vod: pro rodinné domy*. 1. vyd. Praha: Grada, 2013, 95 s. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-4504-6.
- [22] *Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste-water treatment*. In: . ročník 1991, číslo 271.
- [23] SOJKA, Jan. *Malé čistírny odpadních vod*. 2. aktualizované vydání. Brno: ERA, 2004. Stavíme. ISBN 80-865-1780-2.
- [24] Městys Svitávka – základní informace. *Oficiální stránky městyse Svitávka* [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <https://www.mestys-svitavka.cz/obec-224/zakladni-informace/>
- [25] Informace k výstavbě kanalizace a čistírny odpadních vod. *Oficiální stránky městyse Svitávka* [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <https://www.mestys-svitavka.cz/obec-224/zakladni-informace/kanalizace/>
- [26] RAČEK, Jakub. *Čistírna odpadních vod Svitávka*. Brno, 2009. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Petr Hlušík, Ph.D.

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Rozložení městských odpadních vod dle ČSÚ.....	5
Tabulka 2: Orientační složení městských odpadních vod	6
Tabulka 3: Vývoj spotřeby fakturované vody v domácnostech dle ČSÚ	8
Tabulka 4: Součinitele denní nerovnoměrnosti k_d dle ČSN 75 6401.....	9
Tabulka 5: Součinitele maximální hodinové nerovnoměrnosti k_h dle ČSN 75 6101	9
Tabulka 6: Doporučené hodnoty součinitele minimální hodinové nerovnoměrnosti $k_{h,min}$ dle ČSN 75 6101	10
Tabulka 7: Orientační hodnoty produkce specifického znečištění na 1 EO v g/d dle ČSN 75 6401.....	11
Tabulka 8: Hodnoty řádového znečištění pro vybrané průmyslové podniky	11
Tabulka 9: Příklady emisních standardů]	16
Tabulka 10: Nejmenší dovolené vodorovné vzdálenosti při souběhu nebo křížení podzemních sítí v m dle ČSN 73 6005	17
Tabulka 11: Výběr hodnot limitů znečištění.....	22
Tabulka 12: Dílčí poplatky z jednotlivého znečištění dle zákona č. 254/2001 Sb.....	23
Tabulka 13: Minimální roční četnosti odběrů vzorků dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb.	23
Tabulka 14: Přípustný počet vzorků nesplňujících v jednotlivých ukazatelích znečištění ve vypouštěných odpadních vodách v období kalendářního roku dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb.	24
Tabulka 15: Procentuální podíl obyvatel připojených na kanalizaci v České republice dle ČSÚ.....	25
Tabulka 16: Počet a druh čistíren odpadních vod v České republice dle ČSÚ.....	26
Tabulka 17: Objem čistěných a nečistěných odpadních vod v České republice dle ČSÚ	26
Tabulka 18: Znečištění na čistírnách odpadních vod v České republice dle ČSÚ	27
Tabulka 19: Minimální účinnost čištění pro kategorie výrobků označovaných CE v procentech	28
Tabulka 20: Emisní standardy: přípustné hodnoty (p), maximální hodnoty (m) a hodnoty průměru koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l nařízení vlády č. 401/2015 Sb.....	30
Tabulka 21: Emisní standardy: přípustná minimální účinnost čištění vypouštěných odpadních vod (minimální procento úbytku) dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb.....	31
Tabulka 22: Dosažitelné hodnoty koncentrací a účinností pro jednotlivé ukazatele znečištění při použití nejlepší dostupné technologie dle nařízení vlády č. 401/2015, přípustné hodnoty (p), maximální hodnoty (m)	32

Tabulka 23: Přehled typů ČOV pro čištění komunálních odpadních vod

v obcích ČR s více než 1000 fyzickými obyvateli	33
Tabulka 24: Míra odkanalizování obcí s populačním ekvivalentem do 2 000 EO	33
Tabulka 25: Rozdělení aktivačních procesů	36
Tabulka 26: Návrhové parametry ČOV	40
Tabulka 27: Celkové návrhové zatížení ČOV.....	40
Tabulka 28: Povolené množství vypouštěných odpadních vod	40
Tabulka 29: Povolené jakosti vypouštěných vod (ČOV) v mg/l, přípustné hodnoty (p), maximální hodnoty (m):	41
Tabulka 30: Naměřené průtoky na ČOV	42
Tabulka 31: Bilance znečištění na přítoku na ČOV	43
Tabulka 32: Bilance znečištění na odtoku z ČOV	44
Tabulka 33: Přepočet ročních průtoků na specifické množství odpadních vod.....	45
Tabulka 34: Porovnání návrhového a skutečného zatížení čistírny	45
Tabulka 35: Přepočet EO dle reálného znečištění přítékajícího na ČOV	46

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Systémy uspořádání stokových sítí.....	19
Obrázek 3: Blokové schéma klasické aktivace	34
Obrázek 3: Budova čistírny a čerpací stanice.....	37
Obrázek 4: Čerpací jímka s česlicovým košem	38
Obrázek 5: Jeřáb u čerpací jímky a kontejnery na shrabky.....	39
Obrázek 6: Strojní česle a dopravník shrabků	39

SUMMARY

The bachelor thesis was focused on the assessment of design parameters of a small wastewater treatment plant in the town of Svitávka in the South Moravian Region, and the parameters calculated from the actual measured data during the first 3 years of its operation.

The aim of the work was to compare the obtained measured data from the first 3 years of the wastewater treatment plant operation with the design values of the specific amount of wastewater, specific production of pollution per 1 inhabitant per day and the number of equivalent inhabitants. In the final summary, possible causes of discrepancies with design values were listed.

In the theoretical part of the thesis, the first chapter presents the current Czech and European legislation, which concerns both wastewater treatment plants and sewage systems. The following chapter deals with wastewater, distinguishes the types of waste water according to their origin and, above all, deals with their structure. Design flow rates and other design parameters used in the design of wastewater treatment plants are further outlined here. The conclusion of the chapter presents basic indicators of wastewater pollution, including their determination and usual values in water. The following chapters describes wastewater treatment plants, their basic division and numbers in the Czech Republic. The following are the individual categories of wastewater treatment plants according to the equivalent population and possible applicable technologies for each category.

The practical part deals with a small sewage treatment plant in the town of Svitávka in the South Moravian Region. This wastewater treatment plant is designed for 2,228 PE. The introduction contains basic information about the construction of this plant and new sewerage in this village. There is also a description of the function of individual objects, including photo documentation, as well as design parameters (PE, flow rates, pollution, limits, etc.) used in the design of this plant. In the next section, the actual measured data, monthly flow rates from the treatment plant for the first 3 years of the treatment plant operation, as well as the pollution balance on the inflow and outflow from the treatment plant are presented. These data are further compared with the design values of both flow rates and PE and design pollution per capita per day. In the last part of the thesis, the summary of results, the possible causes and consequences of exceeding design values and their possible solutions for future design of wastewater treatment plants are mentioned.